1 ELETRÔNICA RÁDIO E TV

SUMÁRIO

1ª LIÇÃO TEÓRICA

ELETRICIDADE
I - A eletricidade
II - Elementos da eletricidade
a) Corrente elétrica
b) Resistência elétrica
c) Diferença de potencial elétrico

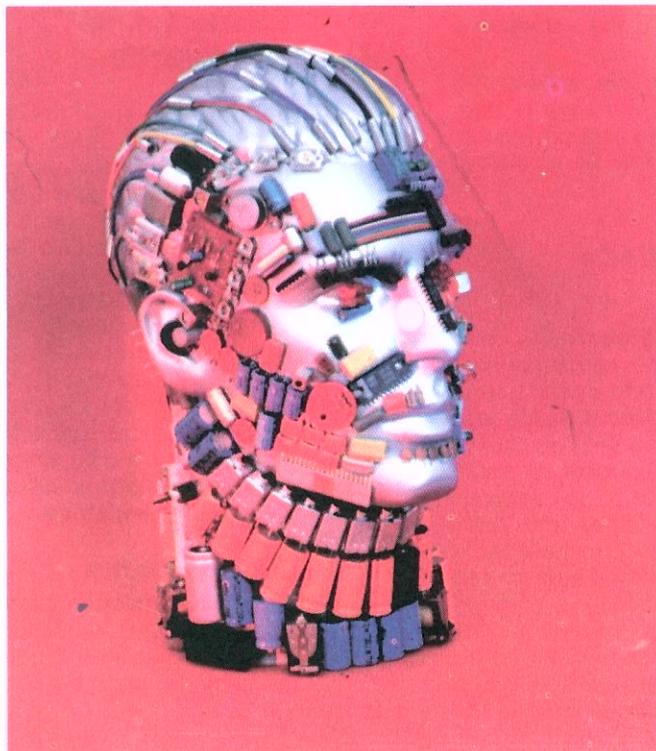
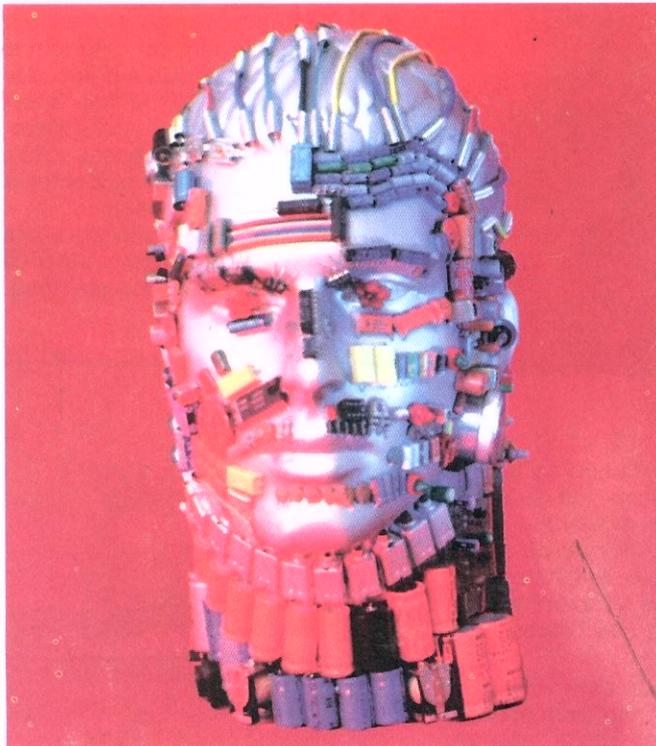
POTÊNCIA ELÉTRICA - GERADORES
I - Potência elétrica
II - Geradores de eletricidade
III - Geradores químicos

1ª LIÇÃO PRÁTICA

CORRENTE ELÉTRICA E GERADORES
I - Introdução
II - Corrente elétrica
1) Tipos de corrente
2) Elementos da corrente alternada
III - Resistência elétrica
1) Classificação dos condutores quanto à resistência
2) Resistência e resistor
3) Unidade de resistência
4) Fatores que influem na resistência

POTÊNCIA - GERADORES
I - Potência
II - Geradores
III - Associação de geradores

1ª LIÇÃO ESPECIAL

FIOS - 1ª PARTE
a) Generalidades
b) Características do condutor propriamente dito
c) Classificação dos condutores de acordo com a secção
e) Calibre de fios

CURSO DE RÁDIO
1ª LIÇÃO TEÓRICA

ELETRICIDADE

Figura 1 - A eletricidade presente em todos os nossos momentos.

Introdução

As manifestações elétricas são fenômenos tão velhos quanto a Terra. Suas aplicações visando ao conforto do homem, contudo, são recentes, pois começaram no fim do século passado. Seu futuro é imprevisível, porque a cada dia que surge são descobertas novas aplicações para a eletricidade, a qual se constitui numa inesgotável fonte de progresso e bem-estar para o homem. Citemos, por exemplo, a iluminação e tração elétrica, o rádio, a televisão, a automação industrial, os teleguiados, computadores etc., que constituem verdadeira maravilha do mundo moderno (figura 1).

O domínio da técnica de eletricidade não é privilégio de poucos, estando ao alcance de todos os que, a custa de seus próprios esforços, se dediquem ao estudo meticuloso e consciente da matéria.

Para orientar o aluno em um capítulo especial da eletricidade que se chama de eletrônica, onde serão estudadas as técnicas do rádio e da televisão, é que, com esta lição iniciamos nosso curso.

A nossa esperança é que o aluno consiga extrair deste curso o maior proveito possível, o que estamos certos acontecerá, desde que se dedique ao estudo com esforço e atenção.

Entretanto, gostaríamos de alertá-lo, desde já, para o fato de que aprendizado de eletrônica não se faz de imediato, ou seja, o aluno não será um técnico apenas com as primeiras lições, pois o desenvolvimento natural do curso se faz por etapas, ou seja, estudam-se os princípios fundamentais e, após isso, a aplicação da eletrônica aos dispositivos práticos.

Estamos fazendo esta ressalva porque o curso é um todo, requerendo método para o estudo. Assim, não se deve passar para uma lição mais avançada sem que se tenha estudado a anterior.

Isto posto, passemos ao assunto desta primeira lição, propriamente dito, com a certeza de que lhe será proveitosa, desde que sejam seguidos os conselhos dados atrás.

I - A Eletricidade

O aluno, certamente, já teve experiência por si mesmo, com a corrente elétrica. De fato, quando acende uma lâmpada de sua residência ou de sua lanterna; quando observa um raio (faísca elétrica); quando sintoniza uma emissora em seu aparelho de rádio, ou televisor; quando liga um motor elétrico, etc., nada mais está fazendo do que colocar a corrente elétrica ou eletricidade ao seu serviço (figura 2).

Surge, então, a primeira pergunta:

O que é a eletricidade?

De um modo geral, diz-se que **a eletricidade é uma forma de energia.** Tal afirmativa não é muito esclarecedora, mas, infelizmente não existe um modo de explicar a eletricidade com palavras simples e que dêem, de fato, a verdadeira extensão de seu significado.

O que podemos afirmar é que a eletricidade não tem cor, não tem cheiro, não é palpável, praticamente não tem massa, mas pode ser notada através de seus efeitos. De fato, a eletricidade faz o motor girar, acende lâmpadas, cria ondas de rádio, produz calor e, dentre outras coisas, também pode matar.

Os fenômenos citados e todos os outros produzidos pela eletricidade chamamos de **fenômenos elétricos.**

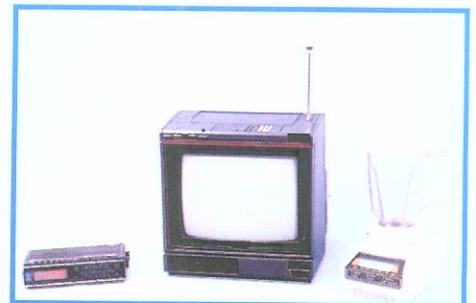



Figura 2 - Alguns aparelhos que funcionam com a eletricidade.

II- Elementos de eletricidade

Os fenômenos elétricos, como citamos mais acima, são vários. Entretanto, para que os compreendamos perfeitamente, quer em seu aspecto conceitual, quer em suas aplicações práticas, basta que nos familiarizemos com certo número deles, os quais chamamos de grandezas elétricas.

Várias são as grandezas elétricas importantes, e no decorrer do curso nos ocuparemos delas. Neste nosso primeiro contato com a eletricidade estudaremos quatro grandezas elétricas fundamentais ou seja, básicas, que são **corrente elétrica, resistência elétrica, diferença de potencial e potência elétrica.**

a) Corrente elétrica

Quando acionamos um interruptor (chave) e uma lâmpada se acende, um motor gira etc., dizemos que pela lâmpada ou motor circula uma **corrente elétrica.**

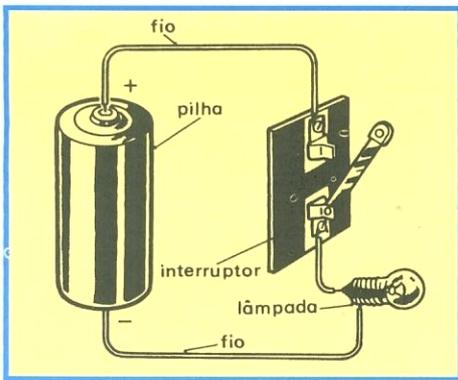



Figura 3 - Ilustração de um circuito simples.

Essa corrente é produzida por pequeníssimas cargas elétricas, que se movem no interior da lâmpada e do motor. Não ensinamos ainda o que é carga elétrica, pois o faremos em outra parte de nosso curso, mas o aluno pode imaginar que ela seja uma minúscula esferazinha carregada com eletricidade. Quando essas cargas são submetidas a uma força externa, elas se movem e constituem a corrente elétrica. Suponhamos um circuito como o mostrado na figura 3, em que temos uma pilha de lanterna, uma lâmpada de lanterna e um interruptor. Na figura 4 desenhamos esse circuito de forma esquemática, isto é, cada um dos dispositivos citados - pilha, lâmpada, interruptor e fio - é desenhado segundo

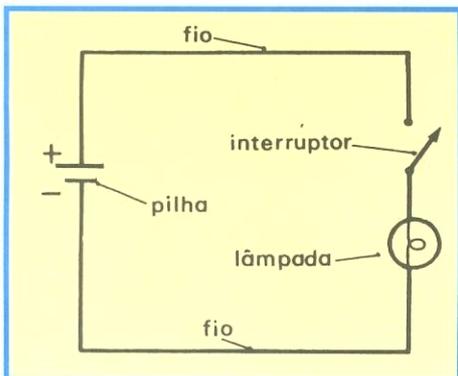



Figura 4 - Forma esquemática de um circuito simples.

um símbolo adequado. Se o interruptor estiver aberto nada acontecerá. Entretanto se ligarmos o interruptor, as cargas elétricas que estão no pólo negativo da pilha serão atraídas para o pólo positivo e, passando pela lâmpada, produzirão luz.

O aluno deve notar que as cargas saem do pólo negativo da pilha passam pelo fio, pelo interruptor, pela lâmpada pelo outro fio e entram de novo na pilha pelo pólo positivo conforme o sentido **real** da corrente, o qual será visto, com maiores detalhes, em momento oportuno. Novas cargas saem do pólo negativo e fazem o mesmo percurso. Forma-se, então. uma corrente de cargas elétricas ou **corrente elétrica.** Esse fenômeno prossegue até que a pilha se descarregue.

Como frisamos, em lição futura explicaremos com detalhes em que consiste a carga elétrica; o que o aluno deve reter, no, momento, é que o **movimento das cargas** através dos condutores se chama **corrente elétrica**.

Fazemos um parêntese para esclarecer que **condutor** é o nome que se dá a qualquer corpo que conduz a corrente(figura 5). Assim, em nosso exemplo, tanto é condutor o fio , como o interruptor (ligado, é claro) e a lâmpada. A pilha não é condutor, mas fonte de corrente, como veremos mais adiante.

É comum, nos primeiros estudos de eletricidade comparar o movimento das cargas elétricas no interior dos condutores com o movimento da água atraves dos canos. Isso é apenas uma comparação formal para que tenhamos apoio em coisa que nos é familiar, porque os dois fenômenos, em si, são bastante diferentes. Todavia, essa comparação ajuda o raciocínio e usaremos quando necessário.

Assim podemos imaginar a água como sendo formada por uma infinidade de gotinhas minúsculas, as quais, quando em movimento quer em um rio caudaloso ou no interior de um pequeno cano formam o que o aluno conhece como "água corrente" ou uma corrente de água. Então, por comparação, podemos imaginar a eletricidade como sendo formada por uma infinidade de esferazinhas muito pequenas, que, quando em movimento através dos condutores formam uma corrente de eletricidade ou **corrente elétrica**. Na figura 6, representamos a corrente de água e a corrente elétrica segundo a analogia citada.

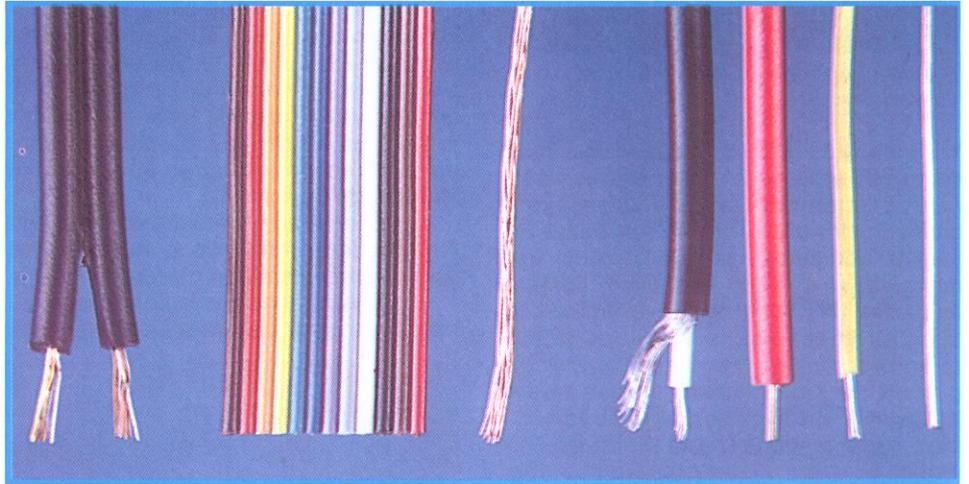



Figura 5 - Tipos de variedades de fios.

Figura 6 - Representação da corrente de água e da corrente elétrica.

É muito fácil entender que a água se move no interior de um cano, pois, como o aluno sabe, ele é oco. Entretanto um fio de metal, usado como condutor de eletricidade, aparentemente não o é, portanto, a comparação pode parecer bastante infeliz, embora não seja. Na realidade, o fio de cobre não é tão compacto como parece a vista desarmada e, por outro lado, as cargas elétricas são tão minúsculas que passam pelo seu interior com relativa facilidade.

Se formos mais longe com a comparação, poderemos comparar a pilha como uma bomba d'água, ou seja, o elemento que provoca o movimento das cargas; o interruptor comparamos com uma válvula ou torneira, isto é, um dispositivo que permite ou interrompe a passagem da corrente; a lâmpada poderemos comparar com qualquer dispositivo que transforme a corrente de água em trabalho útil.

1) Unidade de medida de corrente

Em nossa comunicação diária, estamos continuamente apelando para as unidades de medida, embora muitas vezes a isso não demos o seu verdadeiro valor, devido ao hábito de usar o termo certo. Por exemplo, se dissermos: comprei duzentos gramas de frios; andei

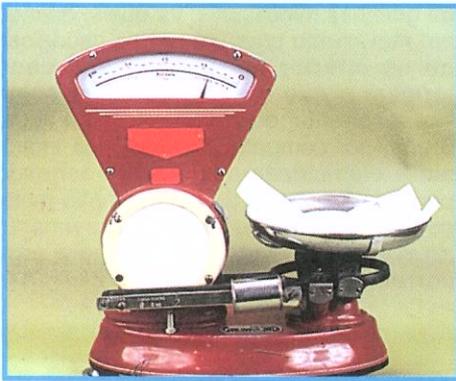



Figura 7 - Representação da unidade de medida - peso.

três metros de estrada; preparei dois litros de suco, etc., todos nos entenderão porque estaremos usando as palavras grama, metro e litro, que são unidades de medida adequadas ao que fizemos. Por outro lado, tudo ficou bem claro, porque, além das unidades corretas, indicamos quantas vezes essas unidades foram tomadas. Assim, ao dizer "duzentos gramas de frios", indicamos que foram compradas duzentos unidades de peso de frios, que é o grama (figura 7). Do mesmo modo, ao afirmar que preparamos dois litros de suco, torna-se claro que preparamos duas unidades de medida de líquido que é conhecida como litro.

A eletricidade não foge a regra.

Assim, se quisermos identificar a quantidade de corrente elétrica que passa por um condutor, deveremos indicar a unidade de medida adequada à corrente elétrica, bem como quantas vezes essa unidade será considerada.

A unidade de corrente recebe o nome de AMPÈRE e é simbolizada pela letra A.

Unidade de medida da corrente = A

2) Intensidade de corrente elétrica

Agora que sabemos que em eletricidade todas as grandezas tem sua unidade de medida adequada, podemos adiantar que a carga elétrica também tem a sua, a qual recebeu o nome de **COULOMB** e é simbolizada pela letra C.

Como já se viu, a **corrente** elétrica é constituída por um movimento de

Unidade de medida da carga elétrica =C

cargas elétricas, portanto, por certa quantidade de Coulombs que passa pelo condutor. É fácil imaginar que se tivermos dois condutores iguais e, se por um deles passarem 10 Coulombs por segundo e pelo outro 20 Coulomb por segundo, a corrente no segundo será duas vezes maior ou duas vezes mais intensa que a corrente no primeiro.

Podemos, então, definir a intensidade de corrente como sendo a quantidade de cargas elétricas que atravessa a secção de um condutor, por segundo.

Dito isto, segue-se que o ampère corresponde a intensidade de uma corrente em que se escoa um coulomb por segundo, em um ponto qualquer de um condutor. Portanto, toda vez que nos referirmos a corrente elétrica, o aluno deverá entender que se trata da intensidade da corrente.

O ampère é simbolizado pela letra A, admitindo múltiplos e submúltiplos, como veremos na lição prática.

Assim como o volume de água que passa por uma canalização é registrado

Figura 8a - Hidrômetro.

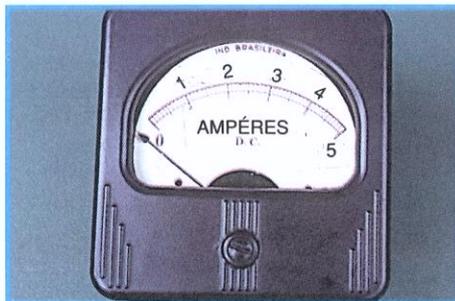



Figura 8b - Amperímetro.

por um aparelho conhecido como **hidrômetro** ou "relógio d'água", a corrente elétrica é registrada por um aparelho que recebe o nome de **amperímetro**(figura 8 a e b).

b) Resistência elétrica

Outra grandeza elétrica fundamental que passaremos a expor é a chamada **resistência elétrica.**

Por resistência elétrica entende-se a propriedade que possuem todos os corpos de oferecer dificuldade a passagem da corrente elétrica.

A explicação do fenômeno não é difícil. De fato como a corrente elétrica é o movimento de cargas elétricas no interior dos corpos e como tais corpos são maciço, resulta que essas cargas não se movem livremente, mas chocam-se com os obstáculos encontrados em seu caminho, o que dificulta a sua passagem. Essa dificuldade é o que chamamos de resistência.

A resistência dos corpos permitirá classificá-los em bons condutores, maus condutores,semicondutores e isolantes, de acordo com a maior ou menor dificuldade com que eles se deixam atravessar pela corrente.

1) Unidade de medida de resistência

Unidade de medida de resistência elétrica= Ω

A unidade de medida de resistência elétrica recebeu o nome de OHM e é simbolizada pela letra grega Ω (omega).

Essa unidade admite múltiplos e submúltiplos como veremos mais adiante.

A resistência de um corpo depende de suas propriedades físicas, tais como suas dimensões e o material de que é feito e, também, da temperatura em que o corpo se encontra.

2) Resistor

A resistência é, como afirmamos, uma propriedade específica de cada corpo. O dispositivo físico que é usado com a finalidade de aproveitamento de sua resistência recebe o nome **de resistor.**

O resistor, na prática, apresenta-se sob as mais variadas formas e dimensões (figura 9).

Assim, um pedaço de fio de cobre, por exemplo, é um resistor, isto é, a realização prática de uma resistência. Naturalmente o cobre é um bom condutor de eletrecidade e, por isso, tem baixa resistência, sendo só excepcionalmente usado como resistor. Mesmo assim, nas instalações elétricas longas a resistência que o fio de cobre apresenta não é desprezível e deve ser levada em conta, para evitar a queda de voltagem excessiva, no local de utilização da

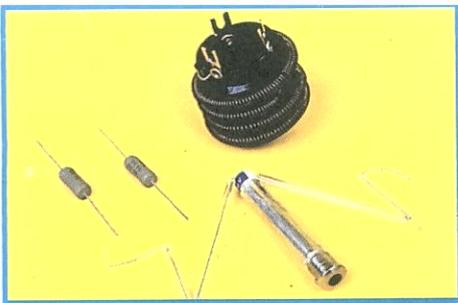



Figura 9 - Vários tipos de resistências ou resistores.

energia elétrica.

Os aparelhos eletrônicos, mesmo um pequeno receptor de rádio apresentam sempre um grande número de resistores de diferentes formas e tamanho.

Os fogareiros elétricos, ferro de passar roupa e ferros de soldar elétricos também usam resistor.

Na figura 10a, mostramos o símbolo que se usa para representar o resistor, nos esquemas de eletrônica ou de eletrotécnica. Na figura 10b, mostramos o símbolo que foi utilizado durante muito tempo e que o aluno encontrará ainda hoje, em esquemas de origem estrangeira, principalmente japonesa e norte- americana.

Como é natural o símbolo não depende da forma, do valor e nem das dimensões do resistor.

Voltaremos ao assunto com todos os detalhes práticos sobre os resistores usados em eletrônica, em outra parte do curso.

Finalmente, queremos alertar o aluno de que é muito comum, principalmente entre os técnicos mais antigos, utilizar o termo resistência, em lugar de resistor. Assim, é comum dizer-se: a resistência está queimada. O aluno deve evitar essa troca e dizer corretamente: o resistor está queimado.

3) Utilização do resistor

Certamente o aluno estará indagando qual a utilidade do resistor.

Em eletrônica ele é usado, basicamente, para limitar a corrente elétrica. Os dispositivos eletrônicos tais como válvulas e transistores, que estudaremos mais tarde, têm certa corrente de trabalho que deve ser mantida dentro de determinados limites, caso contrário esses dispositivos se danificam. O resistor, nesse caso, incumbe-se de manter a corrente no valor adequado.

Em eletrotécnica, o resistor é usado para produzir calor. De fato, o aluno por certo conhece o ferro de soldar ou de passar roupa, em que a passsagem de corrente através do resistor produz desprendimento de calor.

Desde já, devemos esclarecer que, sempre que a corrente elétrica circula por um corpo qualquer ela provoca desprendimento de calor. Isso acontece porque há transformação de energia elétrica em energia calorífica, devido ao choque das cargas elétricas com a estrutura interna do corpo.

A produção, ou melhor, a transformação de qualquer tipo de energia em calor por atrito ou choque, não é nenhuma novidade para o aluno. De fato, quando esfregamos uma mão na outra, notamos que elas se aquecem (figura 11). Isso se dá devido ao atrito provocado na epiderme. Houve a transformação da energia mecânica (muscular) em calor.

Quando se bate um prego com um martelo, observa-se que a cabeça do prego esquenta. Isso acontece devido ao choque entre o martelo e o prego. Aqui também houve transformação de energia mecânica em calor.

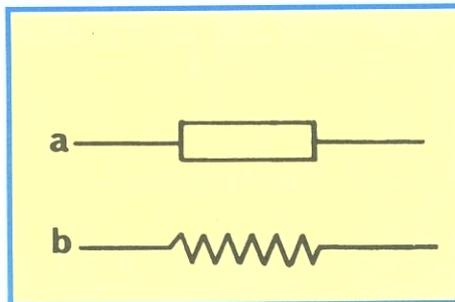
No resistor há aquecimento, porque as cargas elétricas em movimento se chocam com a estrutura do corpo e liberam calor. Naturalmente, quanto maior

Figuras 10a e 10b - Símbolos do resistor.

Figura 11 - Transformação da energia mecânica (muscular) em calor

o número de choques, mais calor se liberta.

Em muitas aplicações de eletricidade, como nos fogões, ferro de soldar etc., o calor é desejável e o resistor é usado exclusivamente para esse fim. Ele é construído, então com um fio especial, conhecido como níquel-cromo, constantana, etc.

Em outros casos, o calor deve ser evitado, isto é, diminuído ao máximo, já que evitá-lo completamente é impossível. É o caso dos motores elétricos, que não devem aquecer em demasia; dos resistores usados em circuitos de eletrônica e mesmo dos condutores utilizados na distribuição da energia elétrica domiciliar.

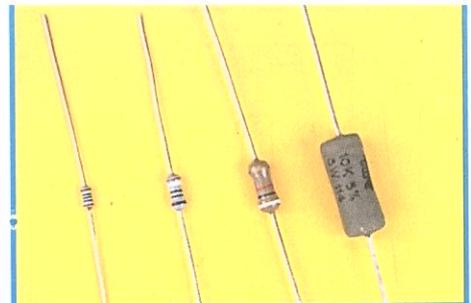



Figura 12 - Alguns tipos de resistores utilizados na prática.

Na figura 12, mostramos o aspecto de alguns resistores usados na prática. Mais tarde, o aluno tomará contato com outros dos tipos especialmente empregados em circuitos eletrônicos.

c) Diferença de potencial elétrico

Até agora temos indicado que a corrente é o movimento de cargas elétricas no interior dos corpos. Ora, o aluno sabe que o movimento só acontece quando se aplica uma força a um corpo qualquer. Surge então a pergunta: Por que as cargas elétricas se movem? A resposta é imediata: Porque a elas é aplicada uma força.

A força que obriga as cargas elétricas a se moverem é chamada de **força eletromotriz**. Os dispositivos que possuem força eletromotriz são chamados de geradores. Assim, a pilha possui força eletromotriz, portanto é um gerador (figura 13).

Outros exemplos de geradores são os dínamos dos automóveis, os alternadores das grandes usinas de força elétrica, etc.

Imagine o aluno uma pilha. Embora não saiba o que há dentro dela, pode intuir que necessariamente deve existir uma força eletromotriz, que produz o movimento das cargas elétricas, quando os seus terminais externos, que são chamados de pólos, são unidos através de uma resistência.

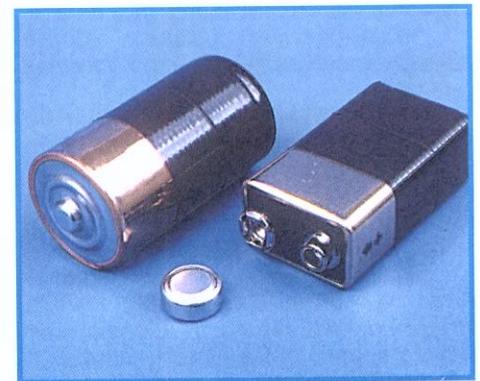



Figura 13 - Exemplos de geradores.

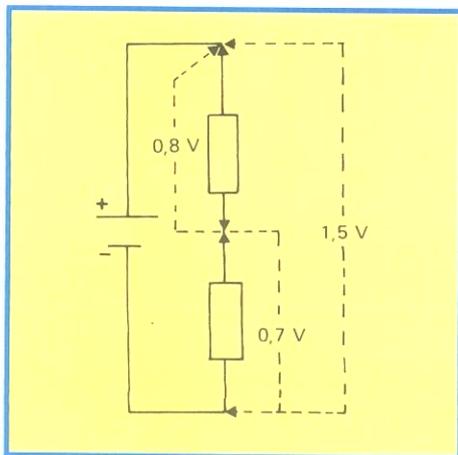



Figura14 - Exemplo de queda de tensão nos extremos dos resistores.

Ora, a força eletromotriz, além de movimentar as cargas no circuito externo, no caso a resistência, tem que movimentá-las também em seu interior. Como a pilha, da mesma forma, é um corpo com resistência, uma parte de sua energia é consumida em seu interior; logo, o que resta para o circuito externo é a força eletromotriz menos a parcela usada no interior da pilha. Essa diferença é chamada de **diferença de potencial** ou diferença de tensão elétrica.

A diferença de potencial é a terceira grandeza elétrica fundamental da eletricidade. Do exposto resulta que, toda vez que uma resistência é ligada a uma fonte de energia elétrica (gerador), ela fica submetida a uma diferença de potencial, que obriga as cargas elétricas a se movimentarem, criando assim a corrente elétrica(figura 14).

1) Unidade de medida da diferença de potencial

A unidade de medida da diferença de potencial, diferença de tensão ou

Unidade de Medida de Diferença de potencial=V

simplesmente tensão elétrica recebe o nome VOLT e é representada pela letra V.

Essa unidade também admite múltiplos e submúltiplos, como veremos mais tarde.

Esse termo, volt, é familiar ao aluno, pois as empresas de distribuição de energia elétrica utilizam-no para indicar a tensão das redes de distribuição de luz e força das cidades. Assim, é comum a indicação de 110 V ou 220 V.

Cabe aqui um esclarecimento: O aluno não deve dizer, nunca que a corrente elétrica de sua residência é de 110 volts, pois isto é errado. Diga, isto sim, que a tensão elétrica é de 110 volts.

Esta primeira noção sobre força eletromotriz e diferença de potencial, que acabamos de ver, tem por finalidade dar condições para podermos definir corretamente a unidade de medida de resistência que, como afirmamos, é o

"Ohm é a resistência elétrica de um condutor que, submetido a diferença de potencial de um volt, é percorrido pela corrente de um ampère".

OHM.

Observe o aluno, desde já, a dependência entre o volt e o ampère, pois essa dependência permitirá enunciar a lei mais importante da eletricidade, conhecida como **lei de Ohm**, que merecerá um capítulo especial em nosso curso.

POTÊNCIA ELÉTRICA GERADORES

I - Potência elétrica

Pelo que expusemos até o presente momento, já tomamos contato com as grandezas fundamentais da eletricidade, que são a corrente, a tensão e a resistência. Sabemos que são importantíssimas. Entretanto, quando formos comprar uma lâmpada ou um motor elétrico, por exemplo, o vendedor nos perguntará sobre a tensão e a potência desejadas. É a respeito de potência que nos estenderemos nesta lição. Para tanto, vamos começar com os conceitos de energia e trabalho.

1 - Trabalho

Todos nós temos uma noção intuitiva de trabalho. Sabemos, por exemplo, que para realizar algum trabalho é necessário que apliquemos algum esforço. Quando transportamos um saco de café de um ponto a outro, estamos efetuando trabalho. Entretanto, se tentarmos transportar um peso além de nossas forças, não o conseguiremos, ou seja, estaremos aplicando nosso esforço, mas não faremos com que o peso mude de posição (figura 15).

Neste caso, não efetuaremos nenhum trabalho. O aluno já deve ter percebido que, para se ter trabalho, não basta que exista esforço (força); é necessário também que haja mudança de posição (deslocamento) do corpo sobre o qual age o esforço. Podemos, então, definir o trabalho como **"o produto de uma força pelo deslocamento que ela produz".**

Figura 15 - Aplicação do esforço num determinado trabalho.

Medindo-se a força em quilogramas e o deslocamento em metros, resulta que a unidade de medida do trabalho é o quilogrâmetro. Assim, um peso de um quilograma, caindo da altura de um metro, efetua o trabalho de um quilogrâmetro que se simboliza por kgm. Se ele cair de dois, três etc., metros, efetuará trabalho de dois, três, etc., quilogrâmetros.

Da noção de trabalho, podemos passar à de energia.

2 - Energia

Quando dizemos que uma pessoa tem bastante vigor, ou seja, muita energia, estamos afirmando que ela é capaz de produzir bastante trabalho, isto é, que tem bastante vontade de fazer as coisas.

Podemos dizer, então que **"energia é a capacidade de produzir trabalho".**

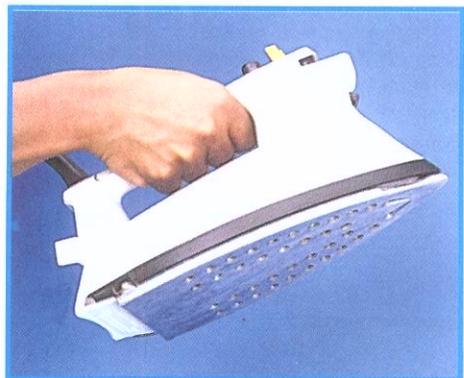



Figura 16 - Transformação de energia elétrica em térmica.

Note a diferença entre trabalho e energia. O primeiro, ou seja, o trabalho é um deslocamento produzido por um esforço, ao passo que a energia é simplesmente a **possibilidade** de fornecer trabalho.

Podemos dar inúmeros exemplos de energia. Assim, um lago, no alto de uma montanha, representa uma energia, pois, ligando-se um cano do lago até um

ponto mais baixo, será possível movimentar uma roda mecânica e acionar, por exemplo uma turbina (dispositivo que gera eletricidad e). Temos aqui um exemplo de energia que é chamada de hidráulica, porque é devida à água. Uma mola espiral possui energia, porque, se a soltarmos, ela será capaz de impulsionar um corpo que lhe esteja na frente. Temos aí um exemplo de energia mecânica. Uma bala de revólver também possui energia porque, se for "picotada" a espoleta, haverá queima de pólvora, e conseqüentemente expulsão do chumbo. Este é um exemplo de energia química.

Transformação e conservação de energia. Linhas atrás, afirmamos que a energia hidráulica de um lago pode movimentar uma turbina e produzir eletricidade. Temos, nesta afirmação, um exemplo de transformação de energia, pois ela passou de **hidráulica para elétrica.** Por outro lado, a energia elétrica pode passar por um aquecedor e produzir calor, neste caso, há transformação de energia elétrica em térmica(figura 16).

Semelhantes a estes, outros casos de transformação de energia poderiam ser citados.

É importante notar, nestes exemplos, que em nenhum caso houve **criação** de energia, mas somente **transformação** de uma forma de energia em outra.

Por outro lado, quando a energia passa de uma forma a outra, ela conserva sua quantidade, isto é, não há ganho nem perda de energia. Essa afirmativa é o que se conhece como **lei da conservação da energia.**

3 - Potência

Todos temos uma idéia de potência. Quando dizemos que um carro é potente, imediatamente associamos a isso a idéia de que ele é capaz de partir rapidamente, subir grandes ladeiras com facilidade, atingir grandes velocidades em pouco tempo, etc. Sabemos que um carro de 90 HP (cavalos-forças) tem mais potência que outro, de 32 HP. A pergunta que logo nos ocorre é: Qual o critério para aferir a potência? Ou: Em que nos baseamos para poder dizer que uma potência é diferente de outra?

Vamos procurar explicar a noção de potência, apelando ainda uma vez mais aos exemplos que nos são familiares.

Suponhamos, então, que existam dois montes de terra iguais, de um metro cúbico (volume), e que devam ser elevados a altura de um metro. Admitamos que esse **trabalho** seja efetuado por dois homens trabalhando com pás iguais. Suponhamos, agora, que um dos trabalhadores levasse o tempo de uma hora para fazer esse trabalho e o outro duas horas. Diríamos então que o primeiro tem mais potência que o segundo, para isso baseando-nos nas duas grandezas grifadas, ou seja, **trabalho e tempo.**

Mas, como energia é a capacidade de produzir trabalho, costuma-se definir a potência levando em conta **energia e tempo**. Assim, definiremos potência como a **energia que pode ser fornecida em uma unidade de tempo**

Esta é uma definição geral. Na lição prática nos deteremos no conceito de **potência elétrica**, que é realmente o que mais nos interessará, no decorrer do curso.

4- Unidades de medida de energia e potência

a) Unidade de energia

As unidades de energia são as mesmas que as de trabalho. Já mencionamos o quilogrâmetro, mas existe outra muito usada, que tem o nome de joule.

Unidade de Medida de energia= J

b) Unidade de potência

As unidades de potência que mais se empregam em eletricidade são o WATT e o HP (horse power) ou cavalo-força. O **"watt"** corresponde ao trabalho (ou energia) de um joule efetuado no tempo de um segundo. Para se ter uma idéia mais clara do que representa, mecanicamente, o watt, diremos que "é a potência capaz de levantar um peso de 102 gramas até a altura de um metro, no tempo de um segundo".

O cavalo-força é uma unidade

Unidade de Medida de Potência=W

introduzida pelo físico inglês James Watt,

Figura 17 - Relógio de Luz.

o mesmo que teve seu nome escolhido para batizar a unidade de medida de potência elétrica. O HP (cavalo-força) é bastante utilizado para indicar a potência dos motores elétricos e também dos motores a explosão (motores de automóveis).

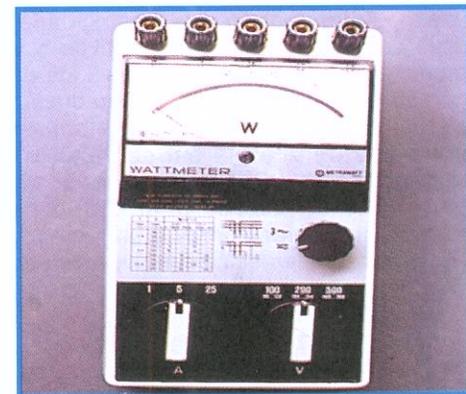



Figura 18 - Wattímetro.

c) Medida de energia e potência

A energia elétrica é medida em instrumentos especiais conhecidos como contadores de energia ou, vulgarmente, relógios de luz, que analisaremos na lição prática (figura 17).

A medida da potência elétrica é feita pelo instrumento de medida

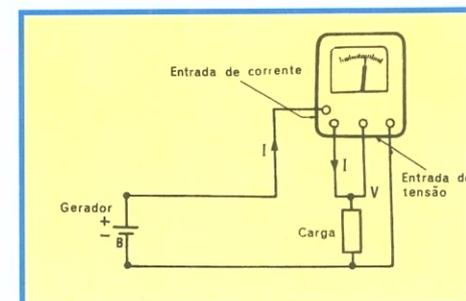



Figura 19 - Ligação de um wattímetro.

conhecido pelo nome de wattímetro (figura 18).

Tal instrumento tem duas entradas: uma para a corrente e outra para a tensão, pois como veremos na lição prática, a potência elétrica depende diretamente dessas duas grandezas. Na figura 19, mostramos como se liga um wattímetro a um circuito qualquer, com a finalidade de medir a sua potência.

Em eletrotécnica o uso do wattímetro é bastante comum; entretanto, em eletrônica, principalmente nas aplicações usuais, o wattímetro não é utilizado com muita regularidade.

II - Geradores de eletricidade

A eletricidade é uma das mais úteis formas de energia que se conhece, devido à facilidade com que pode ser usada. Antes, porém, ela (eletricidade) deve ser produzida. Os dispositivos que produzem eletricidade são chamados de geradores. Os geradores não produzem eletricidade do nada, mas transformam outro tipo de energia em elétrica. Em razão disso, é comum classificar-se os geradores de acordo com o tipo de energia que é transformada em elétrica. Assim, os geradores são classificados em:

1 - Gerador hidráulico

Este tipo de gerador é o mais importante, porque as grandes usinas de eletricidade atualmente, pelo menos as maiores e mais econômicas, transformam a enorme energia que se consegue com o represamento da água, em eletricidade. Na realidade, o gerador não é hidráulico e, sim, eletromagnético, mas a energia hidráulica é utilizada para acionar o gerador.

Na figura 20, mostramos um esquema bastante simplificado de uma usina de força. Como se observa, existe um represamento em um ponto elevado (barragem), um condutor de água que aumenta ainda mais a diferença de nível entre a água represada e o ponto de utilização, um dispositivo que transforma o movimento da água em movimento de rotação, chamado de turbina, e finalmente o gerador propriamente dito, acoplado ao eixo da turbina.

É fácil de compreender que a quantidade de energia gerada, ou seja, a potência elétrica depende da diferença de nível e do diâmetro do condutor. Para aproveitar a diferença de nível dos grandes rios, costuma-se instalar-se os geradores nas cachoeiras e, para poder utilizar condutor de grande diâmetro, escolhe-se rio caudaloso; além disso, faz-se o represamento para regularizar a vazão, isto é, para que o volume de água no condutor seja constante, tanto na seca como na época das cheias

2 - Gerador químico

Os geradores químicos são dispositivos nos quais ocorrem certas reações que liberam energia, que é transformada em eletricidade.

No grupo dos geradores químicos, encontramos as conhecidas pilhas secas e os acumuladores (que não são propriamente geradores) que têm grande aplicação em eletrônica.

Figura 20 - Esquema simplificado de uma usina de força.

3 - Geradores térmicos

Neste grupo, estão os dispositivos que transformam o calor (energia térmica) em eletricidade. Os geradores térmicos também são muito importantes porque em muitos países, onde não existe rios aproveitáveis, é usado o calor como fonte de energia. Na realidade, o gerador propriamente dito é semelhante ao utilizado na usina hidroelétrica que citamos no ítem 1, mas aqui o calor produzido pela combustão de lenha, carvão mineral ou petróleo gera vapor, que movimenta a turbina, e esta por sua vez o gerador.

Outra aplicação do gerador térmico está em um instrumento chamado pirômetro, que é usado para medir as grandes temperaturas dos fornos industriais. Trata-se de um par de condutores, de metais diferentes (par termoelétrico), unidos. Quando se aquece a união, aparece nas extremidades livres dos condutores uma força eletromotriz, que é proporcional à temperatura. Assim, lendo a força eletromotriz, fica-se sabendo qual é a temperatura.

Figura 21 - Painel Fotovoltaico com as suas Células Fotovoltaicas.

4 - Gerador fotoelétrico (ou fotelétrico)

Tal tipo de gerador transforma a energia luminosa em elétrica. Essa classe de gerador é bastante empregada em eletrônica, principalmente nos satélites artificiais, onde a necessidade de energia constante é um problema sério. Usam-se as chamadas **baterias solares,** que utilizam a energia luminosa do Sol para produzir eletricidade. Também o dispositivo conhecido como célula **fotoelétrica,** que é utilizada na

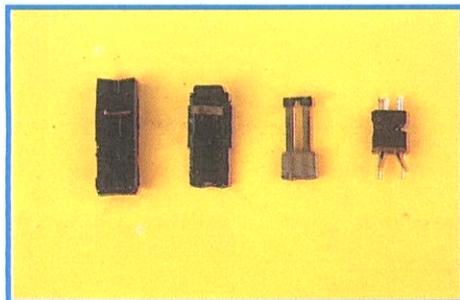



Figura 22 -Vista explodida do fonocaptor de cristal.

reprodução dos filmes cinematográficos, em alarmes eletrônicos etc., é um gerador fotoelétrico, pois ela liberta eletricidade a partir da incidência de luz. Na **figura 21**, mostramos o aspecto de um painel fotovaltaico.

5 - Gerador piezoelétrico (ou piezelétrico)

Existem substâncias como o cristal de rocha, por exemplo, que tem a propriedade de gerar eletricidade, quando submetidas a pressão. Como "piezo" significa pressão, esses dispositivos são chamados de geradores piezoelétricos. A eletricidade gerada em tais dispositivos é bastante pequena e, por isso, eles são utilizados somente em aplicações especiais, de pouca potência. Exemplos de aplicação de geradores piezoelétricos são os microfones e fonocaptores (cabeças reprodutoras de discos) de cristal. Na figura 22, mostramos um fonocaptor de cristal.

6 - Geradores nucleares

Atualmente, está sendo bastante difundido o uso do gerador nuclear, que é aquele que aproveita a energia atômica, para movimentar o gerador elétrico. Como acontece com a energia hidráulica e térmica a atômica tem por função apenas movimentar a turbina do gerador.

III - Geradores químicos

Por ser de uso bastante generalizado na eletrônica atual, principalmente devido ao advento dos transistores, que permitiram a construção de aparelhos eletrônicos de baixo consumo de energia, os geradores químicos, tais como as pilhas e os acumuladores, vão merecer um estudo um pouco mais desenvolvido nesta lição e na prática. A nossa intenção, com isto, é que o aluno tenha uma noção bastante clara de como se processa a produção de eletricidade.

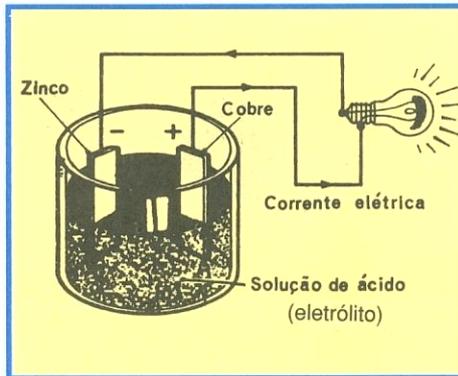



Figura 23 - Ilustração de uma pilha elementar.

1 - Pilhas

Na sua forma mais elementar, a pilha constitui-se de uma barra de zinco e outra de cobre, chamadas elétrodos, mergulhadas em uma solução ácida, chamada eletrólito. Em conseqüência das reações químicas que se processam entre os elétrodos e o eletrólito, a barra de zinco fica com excesso de cargas elétricas e a de cobre, com falta de cargas eletricas. Em , virtude disso, quando se liga um circuito externo aos terminais das barras, como uma lâmpada, por exemplo, o excesso de cargas de zinco se desloca para o cobre que tem falta, estabelecendo-se, como sabemos, a corrente elétrica (movimento das cargas), até que haja o equilíbrio de cargas nas duas barras, situação em que se diz que a pilha está descarregada.

Na figura 23, mostramos a pilha simples, que acabamos de descrever.

Essa pilha, que apresentamos, é do tipo líquido, ou seja , pilha úmida. Isso torna incômodo o uso e manuseio de tal gerador. Para contornar esses inconvenientes , foi criada por Leclanché (físico francês) a pilha seca, que será apresentada na lição prática.

Quando se faz uma pilha, como a mostrada na figura 23, imediatamente aparece em seus terminais uma força eletromotriz que é a responsável pelo movimento das cargas elétricas, ou, dito de outra maneira, pela corrente elétrica.

Uma questão que logo surge em nosso espírito é saber: qual o valor dessa força eletromotriz e de que depende ela?

Os físicos estudaram o assunto e concluíram que a força eletromotriz da pilha depende somente da natureza das substâncias que entram em sua formação e não depende das dimensões dos elétrodos.

As pilhas secas, tão conhecidas do aluno, pois são largamente utilizadas na alimentação de lanternas e rádios portáteis, proporcionam uma tensão de cerca de 1,5 V, independentemente de seu tamanho físico, ou seja, tanto a pilha de relógio de pulso, como a pequena e a média ou mesmo a grande têm a mesma

Figura 24 - Modelos de pilhas secas.

força eletromotriz (figura 24).

O aluno deve estar perguntando porque, então, pilhas de tamanhos diferentes, se a força eletromotriz é a mesma, em qualquer uma. Responderemos que, do tamanho dos elétrodos e, conseqüentemente, da pilha toda, depende a capacidade da mesma.

Por capacidade de uma pilha entende-se a corrente que ela é capaz de fornecer durante um determinado período de tempo, iniciando-se o fornecimento com a pilha carregada (nova) e terminando quando ela estiver esgotada (descarregada).

A capacidade é avaliada em ampères-hora. Assim, se uma pilha pode fornecer corrente de um ampère durante uma hora, ela terá capacidade de um ampère-hora. Se outra pilha de dimensões maiores puder fornecer 0,5 A (meio ampère), durante 26 horas, ela terá capacidade de 13 ampères-hora.

Quanto maior for as dimensões dos elétrodos, maior será sua capacidade. Assim,uma pilha pequena,conhecida como tipo lapiseira , dessas usadas em rádios portáteis, e outra grande têm mesma força eletromotriz mas está última tem capacidade algumas vezes superior a da primeira.

Finalmente devemos acrescentar que a duração de uma pilha varia de acordo com o modo como ela é utilizada. Assim, se uma pilha foi usada intermitentemente e com consumo de corrente moderado, ela terá duração muito maior do que se o consumo for contínuo e maior. Isto quer dizer que, embora a pilha seja a mesma no primeiro caso ela terá maior capacidade que no segundo, pois, se multiplicarmos a corrente pelo tempo nos dois casos, iremos verificar que no primeiro o produto é maior, o que evidencia que a capacidade depende do modo como a pilha é usada.

2 - Resistência interna da pilha

Todo gerador, e em particular, a pilha, oferce internamente uma dificuldade à passagem das cargas elétricas. Essa

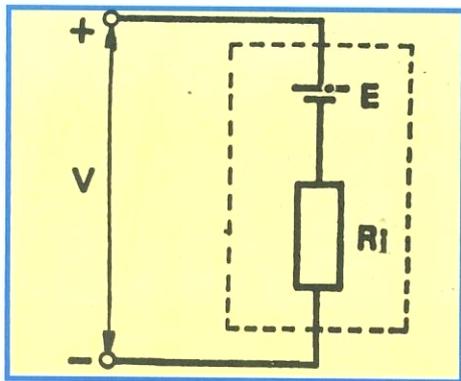
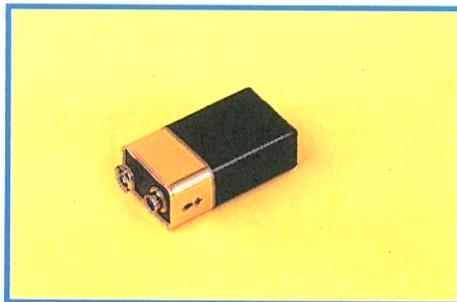
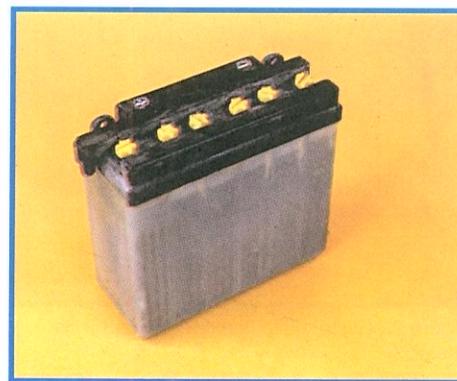



Figura 25 - Representação de uma pilha real.

dificuldade é chamada de resistência interna. Desse modo, a representação esquemática de uma pilha seria o que mostramos na **figura 25**, onde aparecem dois traços, que representam a força eletromotriz (E), e um retângulo, que simboliza a resistência interna (R_i).

Quando a pilha está nova, a resistência interna é baixa e a corrente que se pode retirar da pilha tem um determinado valor máximo. Entretanto, quando a pilha é usada, sua resistência interna aumenta devido ao desgaste dos elétrodos e também às reações que se processam em seu interior, acarretando uma determinada dissipação de energia na própria resistência interna e diminuindo o valor da corrente que ela pode fornecer.

Quando a resistência interna tem valor muito elevado, a corrente que a pilha pode fornecer é praticamente nula, dizemos então que a pilha está descarregada.

3 - Força eletromotriz e diferença de potencial de um gerador

Da representação esquemática de uma pilha real que fizemos na figura 25, e das explicações que fornecemos nas linhas anteriores, podemos tirar uma conclusão importante, que é a de que nos terminais de utilização da pilha não recolhemos toda a força eletromotriz gerada quimicamente mas um valor menor dado pela diferença entre a força eletromotriz e a queda na resistência interna. Essa diferença é o que se chama de tensão ou diferença de potencial.

Assim, qualquer que seja o tipo de gerador, em seus terminais externos recolhe-se somente a diferença de potencial ou tensão e nunca a sua força eletromotriz. Em muitos casos, a resistência interna é tão pequena que a queda de tensão nela pode ser desprezada e, nestas circunstâncias, a força eletromotriz é praticamente igual a diferença de potencial e, por tal motivo, geralmente se emprega o termo força eletromotriz para as fontes que convertem a energia elétrica a partir de mecânica, química, etc.

Figura 26 -Bateria (9V).

4 - Associação de pilhas

Quando se deseja tensão ou capacidade maiores do que uma pilha única pode fornecer podem ser ligadas várias entre si, de modo que o conjunto tenha as propriedades desejadas. Essa ligação se chama associação de pilhas e será estudada na lição prática.

Quando a associação de pilhas tem por finalidade aumentar a tensão, ela é chamada vulgarmente de bateria (figura 26).

5- Acumuladores

Os acumuladores são dispositivos chamados pilhas de segunda espécie, porque, na realidade, não se trata de um gerador no sentido que demos a esse termo, ou seja, de transformar um tipo distinto de energia, em elétrica. O que o acumulador faz é armazenar cargas elétricas que lhe são comunicadas por outro gerador.

A constituição interna do acumulador será apresentada na lição prática. Por ora, podemos adiantar que, após construído o acumulador, ele não está pronto para funcionar, como acontece com as pilhas, pois não existe tensão alguma em seus terminais. Entretanto fazendo-se passar corrente contínua através de seus elétrodos o acumulador vai pouco a pouco adquirindo a diferença de potencial. Essa operação se chama carga do acumulador.

Uma vez completada a carga, o acumulador fica com sua força eletromotriz com o valor máximo e está pronto para ser usado.

A vantagem do acumulador é que as reações químicas que se processam em seu interior são reversíveis, o que não acontece com as pilhas. Assim, após o esgotamento das cargas do acumulador, elas podem ser repostas, voltando o acumulador a sua condição de carregado.

Os acumuladores são bastante empregados em Eletrônica, pois alimentam os receptores de rádio de automóveis, receptores de rádio de mesa, etc. e, em localidades onde não existe outro tipo de energia elétrica, são usados na iluminação.

A força eletromotriz do acumulador depende, como no caso das pilhas, exclusivamente dos elétrodos e do

Figura 27 - Aspecto externo de um acumulador (bateria).

eletrólito, e nunca de suas dimensões. Destas últimas dependerá sua capacidade de corrente.

Para os acumuladores mais difundidos, conhecidos como acumuladores de placa de chumbo e que serão estudados na lição prática, com um pouco mais de detalhe, a força eletromotriz de seus elementos é de cerca de 2,1 V. Esses elementos são associados em bateria (e por isso também se chama acumulador de bateria), visando a atingir o valor de tensão desejado. Os valores mais comuns são 12 V e 24 V.

A capacidade de corrente depende das dimensões dos elétrodos, que no acumulador são chamados de placas. Assim, existem acumuladores de 13 placas, 15 placas, 17 placas etc, sendo que o de 17 placas tem mais capacidade de corrente que o de 15 ou 13.

Na figura 27, apresentamos um acumulador em seu aspecto externo.

d) Resumo

Resumindo esta lição, o que o aluno deve reter como muito importante é o seguinte:

1º) **Corrente elétrica** é o nome que se dá ao movimento das cargas elétricas através dos corpos. Sua unidade de medida é o ampère.

2º) **Resistência elétrica** é a propriedade que os corpos possuem de se oporem a circulação da corrente elétrica. Sua unidade de medida é o ohm. O componente que é usado exclusivamente por causa de sua resistência é chamado de resistor.

3º) A força que obriga as cargas elétricas a se movimentarem através dos condutores, ou seja, a força que produz a corrente elétrica é chamada de **força eletromotriz**. Ela é medida em volts.

4º) A **diferença de potencial**, que é também uma força, correspondente ao que sobra da força eletromotriz, quando se retira a parcela de energia necessária para movimentar as cargas no interior do gerador. A diferença de potencial também é medida em volts.

CURSO DE RÁDIO
1ª LIÇÃO PRÁTICA
CORRENTE ELÉTRICA E GERADORES

I - Introdução

Com esta aula, estamos iniciando a série que denominamos de aulas práticas. Sua finalidade é, sempre que possível, apresentar os detalhes práticos dos assuntos expostos nas aulas teóricas, complementando-os, tendo em vista suas aplicações imediatas.

Nestas aulas, procuraremos apresentar problemas reais, para que o aluno sinta a ligação que existe entre os conceitos das aulas teóricas e os fenômenos que ocorrem diante de nossos olhos e que são de observação rotineira, no campo da eletricidade, particularmente da eletrônica, que é o objeto de nosso curso. Com isso, o aluno ficará capacitado a sentir um fenômeno elétrico e a interpretá-lo cientificamente, desaparecendo, assim, o "mistério" que o leigo atribui a esse ramo tão fértil dos conhecimentos humanos.

Contudo, a prática efetiva, ou seja, a realização material de um circuito visando a um determinado fim, ou, em outras palavras, uma montagem, será objeto de outra série de aulas, que chamaremos de PRÁTICA DE MONTAGEM.

II - Corrente elétrica

Na aula teórica, vimos que o movimento das cargas elétricas constitui o que se chama de correnfe elétrica. Na prática, o que realmente interessa é esse movimento, pois, como já afirmamos, a carga elétrica parada não produz os efeitos que desejamos e que tornam tão útil e importante a eletricidade, tais como a produção de calor, o movimento de motores, a produção de ondas de rádio, etc.

1) Tipos de corrente

A eletricidade em movimento, como vimos, sob muitos aspectos comporta-se como a água em movimento. Isso é muito bom, porque permite que expliquemos certos fenômenos aparentemente complicados da eletricidade, comparando-os com os tão conhecidos movimentos da corrente de água através da canalização. Por exemplo, dizemos que as cargas elétricas se movem de um lugar para outro exatamente como acontece com a água, por outro lado, as cargas não podem ser comprimidas em um espaço menor, a exemplo do que ocorre com a água. Além dessas semelhanças, muitas outras poderão ser citadas, e o serão, no decorrer do curso.

Para que a água seja útil, ela não deve permanecer parada no cano, o mesmo acontecendo com as cargas elétricas. Como o movimento da água pode ser o mais variado possível, o mesmo acontecerá com o das cargas elétricas. Em vista disso, podemos classificar a corrente elétrica em função do tipo de movimento que as cargas efetuam. De todos os movimentos possíveis, dois são os mais importantes: o contínuo e o alternado, resultando daí os dois tipos principais de corrente elétrica, que são: corrente contínua e corrente alternada.

Corrente contínua

Chama-se de corrente contínua o movimento das cargas elétricas em um só sentido. Esse movimento pode ser comparado ao da água no interior de uma canalização, ao do curso de um rio etc. Nos dois exemplos citados, o aluno sabe que o movimento se faz sempre em um só sentido que é do ponto mais alto para o mais baixo. Em liguagem técnica diríamos que o movimento se dá de um potencial mais alto para um mais baixo. Isso que afirmamos está ilustrado na figura 28, onde aparecem duas caixas d'água em níveis diferentes, ligadas entre si por um cano que contém um registro. Quando se abre o registro, a água se move da caixa de cima para a de baixo, e somente nesse sentido.

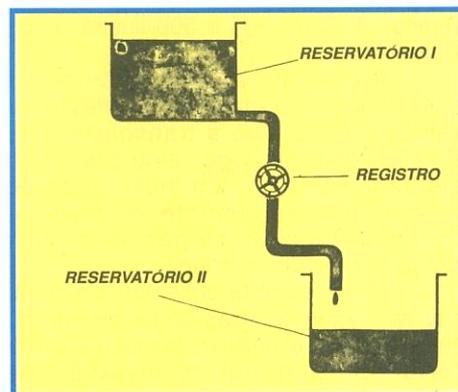



Figura 28 - Analogia ao sentido da Corrente Contínua.

Uma situação semelhante mas agora elétrica, é a que mostramos na figura 29.

Nessa figura, o aluno identifica uma pilha elétrica, que é um gerador de eletricidade, um fio, que é um condutor de eletricidade, e um interruptor, que é um dispositivo que serve para interromper o movimento das cargas elétricas. O aluno já sabe que o arranjo desses três componentes, ou seja, da pilha, do fio e do interruptor, chama-se circuito elétrico. Pois bem, ligando-se o interruptor, as cargas elétricas passarão a mover-se do pólo negativo da pilha, para o positivo (sentido real) e somente nesse sentido. Diremos, então, que a corrente elétrica da pilha é contínua. Devemos sempre ter em mente que essa classificação se refere ao sentido do movimento das cargas, portanto, nas pilhas o sentido do movimento é contínuo, ou seja, invariável.

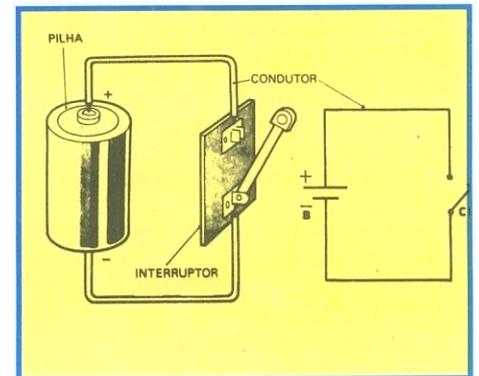



Figura 29 - Corrente contínua num sentido real.

Unidade de medida de corrente

Sabemos que a quantidade de água que passa por uma canalização, durante certo tempo, pode ser medida pelo medidor de água, ou relógio de água, como é chamado vulgarmente. De forma análoga, a intensidade de corrente elétrica, ou simplesmente corrente elétrica, pode ser medida com um instrumento especial que se chama amperímetro.

A quantidade de água, porém, é avaliada por uma unidade que nos é bastante familiar, que é o litro por segundo. E a corrente, em que unidade se mede?

Para indicar a unidade de medida de corrente elétrica, foi escolhido o nome de AMPÈRE em homenagem ao físico francês André Marie Ampère. Essa unidade de medida é simbolizada pela letra A. Assim, quando encontramos a indicação de 5A, para a corrente, por exemplo, imediatamente sabemos que ela é de cinco ampères, isto é, que tem cinco unidades de corrente.

Entretanto, na técnica de eletrônica, principalmente em rádio e televisão, usam-se os submúltiplos do ampére, pois quase sempre o ampère se torna uma unidade grande. Dentre os submúltiplos, os dois mais empregados são:

Miliampère, que corresponde a milésima parte do ampère, isto é, a um ampère dividido por mil. O aluno não deve confundir-se com os submúltiplos. Pense, por exemplo, em um grama, que é a milésima parte de um quilo, em um milímetro, que é a milésima parte de um metro, etc. Do mesmo modo, um miliampère é a milésima parte do ampère.

O miliampère é representado por mA.

$$\frac{1}{1000} A = 0{,}001A = 1mA$$

Microampère. Este submúltiplo corresponde a milionésima parte do ampère, isto é, a um ampère dividido por um milhão. O símbolo do microampère é:

$$\frac{1}{1.000.000} A = 0{,}000001A = 1\mu A$$

Assim, se o aluno encontrar a indicação "corrente de 10μA", por exemplo, deverá ler: dez microampères.

Além dos submúltiplos, o ampère também admite múltiplos, tais como o quiloampère, que se representa por KA e vale mil ampères, e o megampère, que equivale a um milhão de ampères e é representado por MA. Todavia, como já afirmamos, esses múltiplos são muito grandes, não sendo usados em eletrônica. Somente nas grandes usinas de eletricidade é que se trabalha com correntes de tal grandeza. Citamo-la apenas para que o aluno não ignore sua existência.

O ampère é uma unidade de medida de corrente elétrica que vale tanto para corrente contínua como para alternada, que já citamos e passaremos a estudar, nas linhas seguintes.

Corrente alternada

Contrariamente ao que acontece com a corrente contínua, a corrente alternada é aquela onde o sentido de movimentação das cargas elétricas muda constantemente. Para maior facilidade de compreensão, também podemos comparar a corrente alternada com um determinado movimento de água. Realmente, vimos que a corrente de água que se move nas canalizações de nossas residências é do tipo contínuo; entretanto, poderíamos provocar um movimento alternado usando um dispositivo como o que mostramos na figura 30. Esse dispositivo consta de um cilindro fechado por um cano circular, no interior do qual (cilindro) existe um pistão. Assim, fazendo-se um movimento de vaivém no pistão, isto é, movendo-o para baixo e para cima, aparecerá na canalização um movimento de água que também efetua o mesmo vaivém. Dizemos, então, que esse tipo de movimento é alternado, com isso querendo dizer que a água se movimenta ora para cima, ora para baixo, no cano vertical. A figura 30a e 30b ilustra o que afirmamos.

Figura 30a e 30b - Analogia aos sentidos da Corrente Alternada.

A corrente elétrica alternada é aquela que executa um movimento de vaivém, no fio que a transporta. Isto significa que as cargas elétricas no fio efetuam, também, um movimento de vaivém, contrariamente à corrente contínua, onde as cargas se movem sempre no mesmo sentido.

É interessante observar, desde já, que as cargas elétricas só se movem do negativo para o positivo (sentido **real** da corrente), portanto, a inversão de movimento se dá porque a polaridade do gerador é que se inverte.

Figura 31 - Alternador

O dispositivo que produz a corrente alternada, ou seja, o gerador de corrente alternada é chamado de alternador(figura 31).

Futuramente explicaremos como funciona esse dispositivo.

A corrente alternada oferece muitas vantagens sob a corrente contínua. A maior delas é que pode ser facilmente transformada, ou seja, ela pode ter sua tensão elevada ou abaixada, de acordo com nossas necessidades, o que não acontece com a corrente contínua.

2) Elementos da corrente alternada

a) Representação

A corrente alternada pode ser representada graficamente como mostramos na figura 32 . Essa figura é o que chamamos de senóide e, por isso, é comum dizer-se que a corrente alternada é senoidal. O ponto mais alto da figura é chamado de pico e o mais baixo, de vale.

Quando a corrente passa pelo mesmo valor entre um pico e um vale (ou

Figura 32 - Corrente alternada (um ciclo).

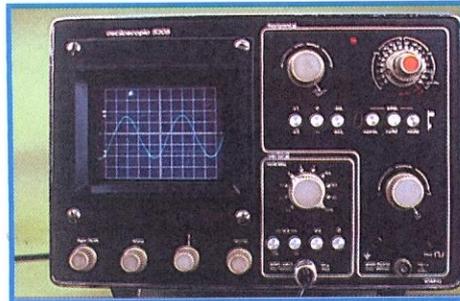



Figura 33 - Corrente alternada (dois ciclos).

vice-versa) sucessivos, dizemos que ela percorreu um ciclo. Na figura 33 mostramos uma corrente alternada de dois ciclos.

b) Freqüência

Se considerarmos o dispositivo que sugerimos na figura 30, poderemos observar que o movimento de vaivém da água no cano pode ser variado, bastando para isso que se mude a velocidade de movimentação do pistão. Em outras palavras, ele será lento ou rápido, conforme o pistão se mova devagar ou rapidamente

Quando a velocidade do pistão é baixa, diz-se que a **freqüência** é baixa. Se a velocidade do pistão é alta, diz-se que a **freqüência** é alta. É claro que para saber se algum acontecimento é lento ou rápido, devemos compará-lo no tempo, ou seja, aquele que acontece em menor tempo é, evidentemente, mais rápido. Desta maneira, para definir corretamente a freqüência, costuma-se compará-la com a unidade de tempo, que é o segundo.

FREQÜÊNCIA DE UMA CORRENTE ALTERNADA É O NÚMERO DE VEZES QUE UM PICO E UM VALE SE SUCEDEM, EM UM SEGUNDO.

Assim, podemos dizer que:

Como vimos, cada sucessão de um vale e um pico chamamos de um ciclo; logo, podemos dizer também que:

"Freqüência é o número de ciclos que acontece em um segundo.

Esta última definição é a mais usual.

c) Unidade de freqüência

Durante muito tempo, adotou-se a unidade de freqüência que surge espontaneamente da definição que demos, ou seja, o ciclo por segundo, cuja abreviação é c/s. Atualmente, no mundo todo, dá-se a unidade de freqüência o nome de HERTZ e abrevia-se por Hz.

HERTZ = Hz

Assim, uma corrente alternada tem freqüência de um hertz, quando ela efetua um ciclo no tempo de um segundo, ou seja, quando, em cada segundo, em sua representação apareçam apenas um pico e um vale. A freqüência é uma característica muito importante da corrente alternada. As correntes industriais, como as utilizadas nas cidades, para iluminação e acionamento de aparelhos elétricos, têm, geralmente freqüência de cinqüenta ou sessenta hertz. Atualmente, para uniformidade, a freqüência da corrente alternada industrial, em todo o Brasil é exclusivamente de sessenta hertz.

Em eletrônica, porém, trabalha-se com freqüências de todos os valores, isto é, desde alguns hertz, até milhões e milhões de hertz, por isso, é mais prático usar-se os múltiplos do hertz. Os mais utilizados em rádio e televisão são:

Quilohertz, cuja abreviação e KHz e, cujo valor é mil hertz. Assim, o aluno observará que as emissoras de radiodifusão de ondas médias indicam suas freqüências sempre em quilohertz.

Megahertz, que equivale a um milhão de hertz e é abreviado por MHz. As emissoras de radiodifusão de ondas curtas e FM indicam suas freqüências em megahertz. As emissoras de televisão embora não tenham o hábito de indicar as freqüências em que trabalham, operam em freqüências que vão desde cinqüenta e quatro até cerca de um milhar de MHz.

Gigahertz, que equivale a mil megahertz e é representado por GHz. Essa unidade, está se tornando de uso rotineiro, muito em breve se tornará comum, devido às transmissões dos sistemas de microondas que estão unindo o Brasil de ponta a ponta, as transmissões dos satélites artificiais, os fornos de microondas, etc., são feitas em freqüências tão elevadas que justificam o emprego do gigahertz, não devendo o aluno ignorá-lo, portanto.

III - Resistência elétrica

Na aula teórica, vimos que a resistência elétrica de um corpo qualquer é a propriedade que ele tem de se opor a passagem das cargas elétricas. A resistência de um corpo deve-se ao fato de que as cargas elétricas não podem atravessá-lo livremente, porque o corpo tem estrutura, ou seja, ele não é vazio. Desta maneira, as cargas elétricas chocam-se com a estrutura do corpo e tem seu movimento dificultado.Façamos uma comparação: Admitamos que se tenha um condutor oco, atravessado de ponta a ponta por um barbante, como mostramos na **figura 34**, o qual tem amarrada, em uma de suas extremidades, uma pequena esfera. Vamos comparar esse condutor oco com um condutor de eletricidade e a esfera, com uma carga elétrica. Em sendo assim, puxemos a extremidade livre do barbante. Verificamos que a esfera se desloca sem dificuldade dentro do condutor. Isto significa que ela não encontrou oposição,

Figura 34 - Analogia da resistência apresentada.

isto é, resistência ao seu deslocamento. A força com que puxamos o barbante pode ser comparada a tensão ou força eletromotriz.

Agora, em uma segunda etapa de nosso exemplo, admitamos que o condutor oco seja substituído por outro de mesmas dimensões, mas que tenha, em seu interior, vários pinos atravessando-o. Nestas condições, ao puxarmos a extremidade livre do barbante, a esfera será arrastada, mas se chocará com os obstáculos e terá seu movimento dificultado. Naturalmente, quanto maior o número de pinos (obstáculos), maior será a dificuldade de movimento. Esse exemplo serve para ilustrar o que acontece com a corrente elétrica se, como propusemos mais acima, admitirmos que a esfera represente a carga elétrica, o condutor, um condutor de eletricidade, e a força que puxa o barbante, a força eletromotriz ou tensão elétrica. Se, como fizemos ate aqui, utilizássemos a rede de água para comparação, poderíamos afirmar que os canos finos opõem grande dificuldade (resistência) a passagem de água e, portanto, por eles só pode correr pouca água. Já os grossos apresentam menor resistência e conduzem mais água.

I) Classificação dos condutores quanto a resistência

Apesar de haver uma certa controvérsia entre os estudiosos do assunto, engenheiros e físicos, pode-se classificar um corpo ou condutor de acordo com a resistência que o mesmo oferece à passagem da corrente elétrica.

Uma possível classificação, empregada há muito tempo, é a que se segue:

a) *Bom condutor* - É todo corpo que se deixa atravessar sem muita dificuldade pela corrente elétrica. Os metais, geralmente, são bons condutores

Figura 35 a - Exemplo de bom Condutor (cobre).

e, dentre eles, os mais utilizados em eletricidade são o cobre, o alumínio, a prata, a platina. Também se utilizam as ligas metálicas (**Figura 35a**).

b) *Mau condutor* - É todo corpo que opõe relativa dificuldade à passagem

Figura 35 b - Exemplo de Mau Condutor (níquel-cromo).

da corrente elétrica. Como exemplo de maus condutores podemos citar o carvão e certas ligas metálicas muito utilizadas em aparelhos de aquecimento, tais como o níquel-cromo, a constantana, etc (**Figura 35b**).

c) *Semicondutor* - É, em uma definição simplista, todo corpo que tem propriedades elétricas entre o bom e o mau condutor. Essa classe de corpos elétricos é de enorme importância na eletrônica moderna, porque a ela

Figura 35 c - Exemplo de Semicondutor (barra de silício).

pertencem os elementos com os quais são feitos os transistores e circuitos integrados. Dentre os semicondutores mais importantes, citaremos os elementos naturais conhecidos pelos nomes de germânio e silício (**Figura 35c**).

d) *Isolantes* são os corpos que opõem elevada resistência à passagem da corrente. Teoricamente, seriam os corpos que não se deixam atravessar pela

Figura 35 d - Exemplo de Isolante (porcelana).

corrente. Como exemplos de isolantes podemos citar a porcelana, a seda, etc., embora na prática não exista corpo completamente isolante (**Figura 35d**).

Atualmente, há uma tendência de desconsiderar-se a classificação de "mau condutor", visto que não há condutores que não ofereçam uma certa resistência ou isolantes que impeçam totalmente a passagem de corrente.

2) Resistência e resistor

O aluno, em sua vida profissional, certamente encontrará os termos resistência e resistor como sinônimos, isto é, indicando a mesma coisa, mas, na realidade, isto não corresponde a verdade. De fato, dá-se o nome de **resistência à propriedade** que tem um corpo de resistir a passagem das cargas elétricas e de **resistor, ao corpo** que possui essa propriedade.

3) Unidade de resistência

Em homenagem ao grande físico alemão George Simon Ohm, que muito contribuiu para o desenvolvimento da eletricidade, foi escolhido seu sobrenome para indicar a unidade de medida de resistência elétrica.

Assim, diremos que se chama de OHM a unidade de medida de resistência elétrica. Deve-se ler om e, no plural, omes (ohms). Essa unidade é simbolizada pela letra grega Ω, que se lê ômega e que corresponde ao nosso o. Note o aluno que, ao indicar verbalmente o valor numérico de uma resistência, não deverá falar ômega e, sim, om. Por exemplo as resistências de 100Ω, 1000Ω, etc. terão seus valores lidos da seguinte maneira: cem ohms, mil ohms, etc., e não cem ômega, mil ômega, etc.

A unidade OHM admite múltiplos e submúltiplos, isto é, valores maiores e menores que ela. Na prática de eletrônica, os múltiplos têm emprego muito maior que os submúltiplos. Dentre os múltiplos, os mais freqüentemente usados são os seguintes:

a) Megohm, que vale um milhão de ohms. Esse múltiplo é abreviado por MΩ.

b) Quilohm, que corresponde a mil ohms e é representado por KΩ.

Os submúltiplos, como afirmamos, não são muito usados na prática comum; entretanto, vamos citar os dois seguintes:

a) Miliohm, que é representado pelas letras mΩ e corresponde milésima parte do ohm, ou seja, um ohm dividido por mil.

b) Microhm, que corresponde a milionésima parte de um ohm, ou seja, a um ohm dividido por um milhão. O microhm é representado por μΩ.

1.000.000 x 1 ohm = 1 Megohm - MΩ
1.000 x 1 ohm = 1 Quilohm - KΩ
1 ohm ÷ por 1000 = 1 Miliohm - mΩ
1 ohm ÷ por 1.000.000 = 1 Microhm - μΩ

4 - Fatores que influem na resistência

Uma pergunta que imediatamente nos vem a mente é: De que depende a resistência de um corpo? Vamos analisar essa questão. Sempre que possível e necessário, temos comparado o movimento de cargas elétricas com o movimento das moléculas de água no interior dos canos. Façamos o mesmo, agora. Suponhamos que existam dois canos, um fino e outro grosso, ligados a duas caixas de água absolutamente iguais.

É fácil compreender que, abrindo-se os dois canos, as caixas de água se esvaziarão e que, aquela que se escoa através do cano mais grosso, ficará vazia mais rapidamente. Então, diremos que o cano de água mais grosso, ou seja, de maior diâmetro, oferece menor resistência à passagem da corrente de água.

Figura 36 - Fio mais grosso - menor resistência
Fio mais fino - maior resistência.

Fazendo a comparação do movimento de água com o movimento das cargas elétricas, podemos concluir que, sendo do mesmo material, os condutores (fios) mais grossos escoam as cargas elétricas de uma fonte de energia mais rapidamente que os fios mais finos, figura 36. Esse fato, em linguagem mais técnica, pode ser enunciado da seguinte maneira:

a) A resistência elétrica de um condutor varia inversamente com sua secção reta.

Chamamos de secção reta de um condutor a área que fica, quando se faz um corte na direção perpendicular ao fio. A figura 37 ilustra, de maneira bem clara, o que acima afirmamos. Por outro lado, dizemos que uma variação é inversa, quando o aumento de uma das grandeza implica a diminuição da outra. Assim, no caso da resistência dos corpos, quando a secção aumenta, a resistência diminui, portanto, trata-se de uma variação inversa.

Vamos admitir, agora, que às duas caixas d'água iguais, do exemplo anterior, sejam ligados dois canos de mesmo diâmetro, isto é, mesma secção ou grossura, mas de comprimentos diferentes (por exemplo, um de um metro e outro de 10 metros) . Abrindo os dois canos no mesmo instante, vamos verificar que a caixa ligada ao cano mais curto se esvazia mais depressa. Isto acontece porque o cano de maior comprimento oferece maior atrito, isto é, maior dificuldade ao movimento das moléculas de água.

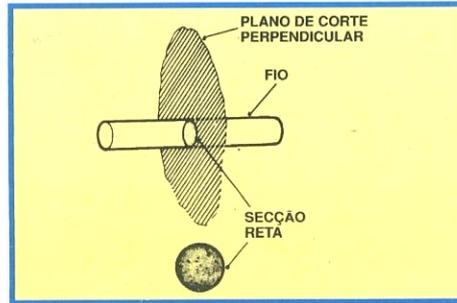



Figura 37 - Secção reta de um fio.

O mesmo se dá com relação ao movimento das cargas elétricas no interior dos condutores. Assim, se tivermos duas fontes de energia elétrica iguais e a elas ligarmos dois condutores de mesma secção, mas de comprimentos diferentes, iremos verificar que a fonte ligada ao condutor mais curto se descarrega mais depressa. Este fato acontece porque o condutor mais comprido opõe maior resistência a passagem das cargas elétricas, em conseqüência do atrito dessas cargas no interior do fio.

Em linguagem técnica, diríamos que:

b) A resistência elétrica de um condutor varia diretamente com seu comprimento.

Aqui, o termo diretamente indica que, quando o comprimento do condutor aumenta, sua resistência elétrica também aumenta.

Suponhamos, agora, que à duas fontes de energia elétrica absolutamente iguais liguemos dois condutores de mesma secção, mesmo comprimento, mas de materiais diferentes; por exemplo, um de cobre e outro de carvão. Verificaremos que a fonte de energia ligada ao condutor de cobre se esgota muito mais rapidamente que aquela ligada ao condutor de carvão. A conclusão que se tira é que o cobre oferece menor resistência à passagem das cargas elétricas e, o que é fundamental, que condutores de material diferente, embora tenham as mesmas dimensões físicas, isto é, mesma secção e mesmo comprimento, têm resistências elétricas diferentes. Aqui não é possível estabelecer facilmente uma comparação com a canalização de água, porque, contrariamente aos fios elétricos, os canos de água são ocos e, portanto os materiais que opõem resistência à passagem de água são sempre os mesmos, ou seja, o ar e a parede do cano.

Para indicar a dependência da resistência elétrica ao tipo de material utiliza-se uma grandeza que recebe o nome de resistividade ou **resistência específica.** A resistividade é, pois, uma característica do material de que é feito o condutor. Ela serve para que possamos classificar o condutor como isolante, semicondutor ou bom condutor. Além disso, conhecendo-se a resistividade e as dimensões do condutor é possível calcular sua resistência com grande precisão. Esse fato comprova o que temos afirmado até aqui, isto é, que a resistência de um corpo é uma propriedade específica desse corpo, não dependendo nem da tensão, nem da corrente.

A resistência específica é apresentada em tabelas, englobando os materiais mais utilizados em eletricidade e, geralmente, sua unidade de medida é o microhm por centímetro ou ohm por metro por milímetro quadrado. Não vamos apresentar a tabela, pois, para nossa finalidade, basta o aluno saber que a substância que tem maior resistência específica ou resistividade terá maior resistência que outra, de mesmas dimensões e de menor resistividade. Portanto, podemos afirmar que:

c) A resistência elétrica de um corpo depende diretamente de sua resistividade.

Quando se aquece um corpo, as suas dimensões físicas mudam; conseqüentemente, é licito pensar-se que sua resistência também varie. De fato, verifica-se que a resistência elétrica de um corpo aumenta de acordo com o aumento de temperatura. Isto significa que, quando um condutor se esquenta, sua resistência elétrica aumenta e que, quando a temperatura diminui, sua resistência também diminui. Existe uma temperatura, conhecida como "zero grau absoluto", que é a mais baixa que se pode atingir, para a qual a resistência do corpo desaparece e, então, ele se torna um supercondutor. Para finalizar este capítulo sobre os fatores que influem na resistência dos corpos, pode-se afirmar que:

d) A resistência elétrica de um corpo depende da temperatura em que o corpo se encontra.

As tabelas de fios, que trazem as características mais importantes dos fios condutores utilizados em instalações e enrolamentos, como, a que o aluno encontrará em uma de nossas aulas suple-

mentares, costumam indicar a resistência dos condutores na temperatura ambiente, temperatura essa que é admitida, geralmente, como sendo de 25°C (vinte e cinco graus centígrados).

POTÊNCIA - GERADORES

I - Potência

Na lição teórica, apresentamos a definição de potência e sua unidade, que é o *watt*. Assim, quanto maior é a wattagem de um aparelho elétrico, maior é a sua potência, ou seja, mais trabalho ele pode realizar na unidade de tempo. Por exemplo, uma lâmpada de 100 watts ilumina muito mais que outra de 40 watts, um aquecedor de 1000 watts produz mais calor que outro de 100 watts, um amplificador de 10 watts produz som muito mais forte que outro de 1 watt, e assim por diante.

Para facilitar ainda mais a compreensão do significado de potência vamos apelar, mais uma vez, para a comparação com o movimento de água.

Para isso, admitiremos a existência de dois reservatórios iguais, aos quais se ligam dois canos de mesmo diâmetro (grossura), como mostramos na figura 38.

Entretanto, vamos aplicar sobre a superfície livre da água de um dos reservatórios, usando uma placa que se adapte perfeitamente ao reservatório, um peso de 100 quilogramas e, sobre o outro, um peso de 1000 quilogramas. Em outras palavras,aplicaremos sobre a superfície d'água de um dos reservatórios uma pressão 10 vezes maior do que na do outro. Imediatamente, verificaremos que, embora os dois canos sejam iguais, aquele submetido a pressão 10 vezes maior tem altura do jato d'água também 10 vezes maior do que o outro e que se esvaziará em tempo 10 vezes menor. É claro que se o mesmo trabalho, ou seja, o esvaziamento dos reservatórios, é conseguido em tempos diferentes, aquele que demorou menos foi aplicada maior potência.

Desta nossa primeira prática, podemos tirar uma conclusão importante, ou seja, **a potência do jato depende da pressão aplicada**; portanto, quanto maior a pressão, maior será a potência. Como a pressão hidráulica tem sido comparada a pressão ou diferença de tensão elétrica, podemos concluir, por comparação, que:

Figura 38 - Ilustrações demonstrando . . .

Figura 39 - . . . o conceito de potência.

"A potência elétrica depende diretamente da diferença de potêncial."

Agora, façamos o seguinte: Apliquemos aos dois reservatórios a mesma pressão, como demonstramos na figura 39, mas substituamos um dos canos por outro mais grosso.

Neste caso notamos que, embora o jato d'água do cano fino atinja altura muito maior que o outro, o reservatório demorará mais tempo para ser esvaziado. Isto quer dizer que a potência do reservatorio de cano mais grosso é maior que a do outro. Então, podemos dizer que a **potência depende da quantidade de água que passa pelo cano,** ou, em outras palavras, depende da **corrente** de água.

Mas, voltando à nossa analogia, sabemos que a corrente de água é comparada à corrente elétrica; logo é justo afirmarmos que: **"A potência elétrica depende diretamente da corrente elétrica".**

As duas conclusões a que chegamos podem ser englobadas em uma única, que é:

> **"A potência elétrica é dada pelo produto da tensão pela corrente".**

Com a corrente medida em ampère e a tensão ou diferença de potencial medida em volt, resultará a potência medida em watt.

Figura 40 - Esquema demonstrativo da utilização da fórmula de potência.

Em linguagem mais simples, diremos que o **watt é igual ao produto do volt pelo ampère.**

Assim, se temos uma lâmpada que deixa passar corrente de 0,5 A (meio ampère) quando ligada à tensão de 120 V (cento e vinte volts), podemos afirmar que a potência dessa lâmpada é de 60 W (sessenta watts), porque 0,5 A x 120 V = 60 AV = 60 W (figura 40).

Essa noção de potência e o modo de calculá-la, multiplicando-se a tensão pela corrente, são muito importantes e serão utilizados em todo o decorrer de nosso curso.

1 - Cavalo-força (HP)

A potência dos motores elétricos costuma ser indicada pela unidade de medida conhecida como **cavalo-força**, ou simplesmente HP; essas duas letras são as iniciais de "HORSE-POWER", palavra inglesa que significa exatamente "cavalo-força". Trata-se de uma medida mecânica, inicialmente deduzida pela observação do rendimento de um cavalo (animal) trabalhando durante quatro horas.

As unidades de medida de uma mesma grandeza sempre guardam entre si alguma relação. Portanto, ela existe também entre o watt e o cavalo-força. Essa relação é a seguinte :

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ watts}$$

ou seja, um cavalo-força corresponde a potência elétrica de 746 watts. Assim, um motor de 1/4 HP (um quarto de cavalo-força) tem potencia de:

$$746 \times \frac{1}{4} = 746 : 4 = 186,5 \text{ W}$$

É importante saber converter HP em watts, porque, quando queremos saber a potência total de uma instalação, temos de somar as potências de todos os aparelhos, e não se pode somar diretamente watts com HP. Haverá, então, necessidade de transformar o HP em watts, se desejarmos o resultado em watts; ou transformar os watts em HP, se desejarmos o resultado nesta última unidade.

Por exemplo, suponhamos uma indústria que possua 20 lâmpadas de 100 W, 2 motores de 1 HP, 3 motores de 1/4 HP e 1 1/2 de HP. Queremos saber qual a potência total consumida, em watts.

Solução:

Potência das lâmpadas	20 X 100	= 2 000 W.
Potência dos 2 motores de 1 HP. . .	2 X 746	= 1,492,0
Potência dos 3 motores de 1/4 HP .	3 X 746 X 1/4	= 559,5
Potência do motor de 1/2 HP	746 X 1/2	= 373,0
	Total	4 424,5

Portanto, a potência total será de 4.424,5 W.

O aluno, por certo, estará pensando na utilidade do resultado. Diremos que é grande. De fato, conhecendo a potência em watts e a tensão da linha em volts podemos determinar a corrente em ampères e, com isso, escolher o fio mais adequado à instalação e também a capacidade dos fusíveis a serem usados. Além disso, podemos também calcular a energia consumida durante um determinado período de funcionamento, como ensinaremos mais adiante.

2 - Múltiplos e submúltiplos do watt

O watt é uma unidade de medida bastante significativa em eletrônica; logo, será extensamente citada. De fato, os amplificadores de som costumam ter potência de alguns watts; o consumo dos aparelhos eletrônicos domésticos também é de alguns watts, etc.

Entretanto, também se usa um submúltiplo do watt, que é o **miliwatt.**

Miliwatt - Corresponde a **milésima parte do watt,** ou seja, a um watt dividido por mil e é representado por **mW.**

O miliwatt é usado para indicar a potência dos amplificadores de som, de receptores portáteis, aparelhos para surdez, etc. Assim, o aluno ouvirá freqüentemente referências a miliwatt. Por exemplo, um rádio portátil, desses que usam duas pilhas; normalmente tem potência de saída de cerca de 250 mW (duzentos e cinqüenta miliwatts).

Já nas instalações residenciais, industriais, nas usinas de força, etc.,não se costuma usar o watt, porque a potência é elevada e seria incômodo falar um número muito grande; por isso, emprega-se o múltiplo do watt, que é o quilowatt.

Quilowatt - Sua representação é **KW** e equivale a **mil watts.**

Deste modo, ao invés de se dizer: potência de 10.000 W (dez mil watts), diz-se, simplesmente: potência de 10 KW (dez quilowatts).

3 - Energia elétrica

Vimos que a energia é a capacidade de produzir trabalho e que potência é o ritmo com que se realiza esse trabalho, ou seja, é a quantidade de energia que se consome na unidade de tempo.

Naturalmente, deve-se pagar essa energia à empresa que a fornece, pois foi ela que empregou o capital para a instalação da usina geradora. Para a empresa, não interessa a potência ligada à rede e sim a energia consumida. Por exemplo, uma lâmpada de 100 W terá sempre a mesma potência (100 W), quer permaneça ligada um minuto, uma hora, um ano, etc. Entretanto, a energia consumida (retirada) do gerador da usina é diferente, ou seja, é muito maior se a lâmpada ficou ligada durante uma hora do que se foi ligada apenas por um minuto.

Do exposto, o aluno pode concluir que a energia é "contada" considerando-se a potência e o tempo que essa potência atua.

A unidade prática que se utiliza para contar a energia consumida é o quilowatt-hora, que se abrevia KWh e que corresponde à potência de um quilowatt (1000 watts) utilizada durante uma hora. Note o aluno que uma lâmpada de 100 W, por exemplo, para consumir um quillowatt-hora deve permanecer ligada durante 10 horas; uma lâmpada de 25 W terá que permanecer ligada durante 40 horas, para consumir 1 KWh; um aquecedor de 2000 W consome 1 KWh em apenas 1/2 (meia) hora, e assim por diante.

A medida da energia é feita por um instrumento especial que se chama de contador de energia, medidor de eletricidade ou vulgarmente, "relógio de luz".

Essencialmente, o medidor de eletricidade é um motor elétrico cuja velocidade é proporcional à potência. Esse motor aciona um mecanismo de relojoaria (daí o nome de relógio), que indica em mostrador o consumo total de energia.

O aluno pode verificar facilmente, no medidor de sua residência, que a velocidade do contador é proporcional à potência. Para isso, ligue uma lâmpada e observe como gira o disco (rotor) do instrumento. Em seguida, ligue outra lâmpada e observe como gira bem mais rapidamente.

Figura 41 - Relógio de Luz (medidor).

a) Como ler a indicação do medidor

O tipo de medidor mais difundido em nosso país é aquele que mostramos na figura 41.

O mostrado na figura 41, é de leitura um pouquinho mais difícil, pois os números são indicados em mostradores decimais (de zero a nove) pelos ponteiros rotativos. Como se pode verificar em nossa figura, existem números que pertencem, respectivamente, a dois mostradores. Isto é possível porque os ponteiros giram, dois a dois, em sentidos contrários. Assim, observando a figura 41, o aluno nota que o primeiro ponteiro, contado da esquerda para a direita, gira da esquerda para a direita; o segundo, da

direita para a esquerda; o terceiro, da esquerda para a direita; e finalmente, o quarto, da direita para a esquerda.

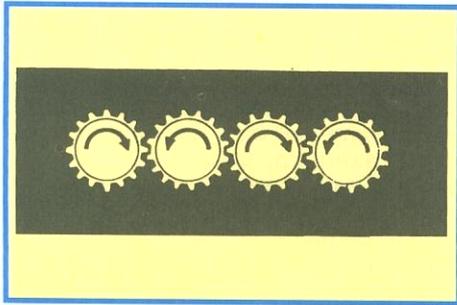



Figura 41a - Funcionamento das engrenagens do medidor de luz.

Convém observar que o movimento dos ponteiros é como descrevemos, porque eles são comandados por engrenagens acopladas, como mostramos na figura 41A. Nessa figura pode-se observar que se a primeira engrenagem gira para a direita, a segunda gira para a esquerda, a terceira para a direita, e assim por diante.

A leitura da energia gasta, neste tipo de "relógio", é feita observando-se que:

1º) o ponteiro do primeiro mostrador, contando da esquerda para a direita, indica o algarismo correspondente ao primeiro algarismo da leitura, ou seja, ao milhar;

2º) o ponteiro do segundo mostrador indica o algarismo correspondente a centena;

3º) o ponteiro do terceiro mostrador indica o algarismo que corresponde a dezena;

4º) finalmente,o ponteiro do quarto mostrador indica o algarismo que corresponde a unidade.

Segundo essas explicações, o con-tador de energia da figura 41 está mar-cando exatamente 3617 KWh. O aluno deve notar que quando um ponteiro está entre dois algarismos, considera-se para a leitura o número menor, no sentido do movimento. Em nosso exemplo, o ponteiro do primeiro mostrador está no número 3; logo, 3 é o primeiro número da leitura.

b) Como interpretar a leitura

Muitas vezes, por curiosidade, ou mesmo para controle dos gastos, o usuário deseja saber quantos quilowatts gastou em um determinado período de tempo, digamos um mês.

Para tanto, é suficiente tomar duas leituras, ou seja, a inicial e outra, de-corrido o tempo desejado. Por exemplo, vamos supor que o aluno deseja saber qual é o consumo de energia durante um mês. Então, faz uma primeira leitura. Suponhamos que o medidor esteja marcando 2 355 KWh. Isto posto, depois de decorrido um mês, faz-se nova leitura. Admitamos que o medidor esteja acusando 2 462 KWh. Por diferença determina-se o número de quilowatts-hora "gastos" durante o mês . No caso, será:

2 462 - 2 355 = 107KWh

Naturalmente, sabendo-se o preço do quilowatt-hora cobrado pela empresa distribuidora de energia da região, pode-se calcular os gastos em cruzeiros.

II - Geradores

Os dispositivos que permitem transformar uma espécie qualquer de energia elétrica chamados de geradores.

De acordo com o tipo de energia empregado na produção da eletricidade pode-se classificar os geradores como: hidráulico, químico, térmico, fotoelétrico, nuclear, pizoelétrico, eletromagnético, etc.

Convém notar que a eletricidade produzida por qualquer gerador é sempre a mesma, ou seja, quer o gerador seja do tipo hidráulico, químico, térmico ou outro qualquer, a corrente elétrica em qualquer um deles será sempre o movimento das cargas elétricas, cargas essas que são iguais em qualquer gerador.

Nesta lição vamos apresentar, sem entrar em muitos detalhes, os principais geradores de uso mais comum em eletrônica.

I - Gerador hidráulico (eletromagnético)

Figura 43 - Dínamo.

Este tipo de gerador emprega a água como fonte de energia, que é transformada em elétrica. O gerador hidráulico, atualmente, é o de maior interesse prático, por ser usado nas grandes usinas, para a produção das enormes potências, que são distribuídas nas cidades. Esquematicamente, uma

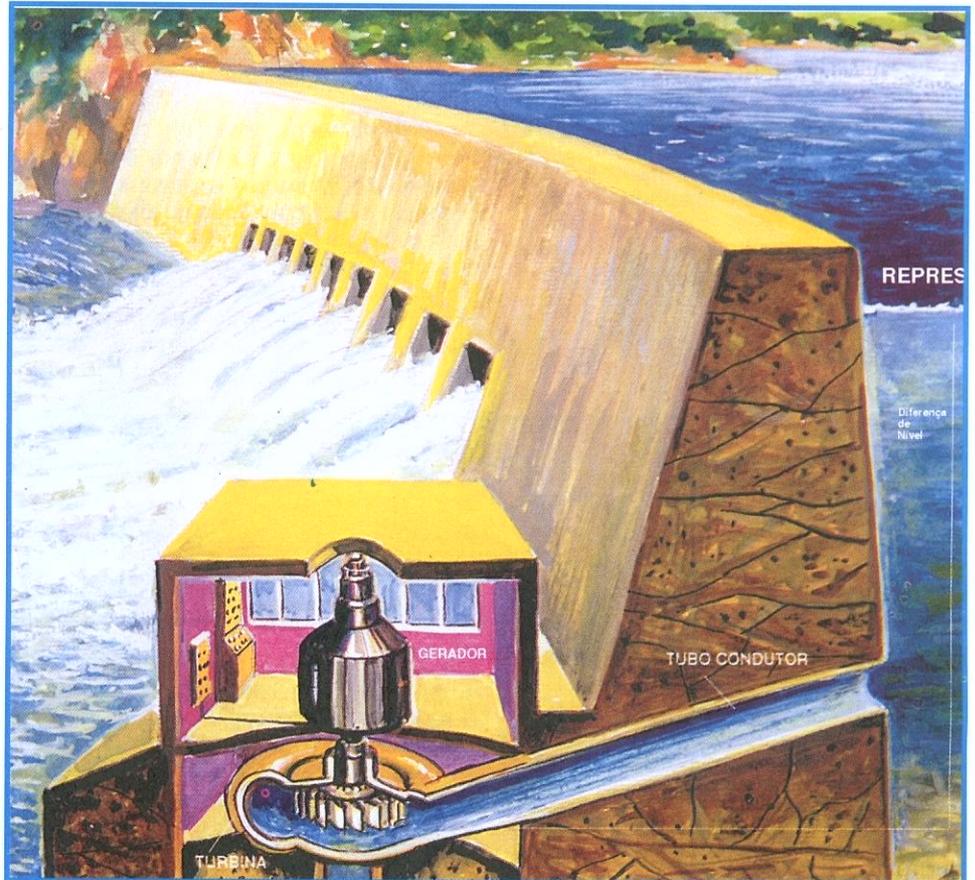



Figura 42 - Esquema simplificado de uma usina elétrica.

usina de eletricidade seria composta de um represamento, um condutor, uma turbina e o gerador, conforme ilustramos na figura 42. A energia elétrica é produzida no gerador pelo processo eletromagnético, que teremos oportunidade de analisar em outra lição de nosso curso.

A energia transformada é aquela que o represamento possui em potencial, isto é, pronta para ser utilizada, o que se dá quando o condutor está em nível mais baixo. A turbina serve para transformar o movimento retilíneo da água em movimento circular do gerador. Não entraremos em detalhes, agora, sobre a eletricidade, porque teríamos que citar conceitos que só apresentaremos mais adiante.

Os geradores do tipo hidráulico geram corrente alternada, e por isso, são chamados de alternadores. Por um processo mecânico, é possível fazer que a corrente alternada saia praticamente contínua do gerador e, neste caso, ele é chamado de **gerador de corrente contínua ou dínamo.**

A tensão fornecida pelas usinas de força é geralmente, portanto, perigosa para o usuário. Então, ela é abaixada por um dispositivo que se chama transformador, até o valor conveniente e seguro. De fato os geradores produzem energia com tensão da ordem dos 10.000 volts ou mais. Essa tensão, para ser transportada a grandes distâncias, ainda sofre nova elevação, chegando a cerca de 300.000 volts mais. Chegando à cidade, essa tensão é reduzida, pelos transformadores da estação ou da casa de força, para valores bem mais baixos, tais como 440 V, 220 V, 110 V.

2 - Geradores químicos

Dos geradores químicos os mais importantes são as pilhas e os acumuladores, embora estes últimos não sejam precisamente geradores, como as pilhas. Por isso, na linguagem técnica, é considerado como pilha secundária.

A pilha foi descoberta pelo cientista italiano Alessandro Giuseppe Volta e, basicamente, ela é constituída por dois condutores de metais diferentes (um de cobre e outro de zinco, por exemplo), chamados elétrodos, mergulhados em uma solução de ácido sulfúrico, solução essa denominada de eletrólito. Na figura 44, apresentamos uma representação esquemática desta pilha. Os elétrodos são chamados de pólos ou terminais da pilha. Além disso, chama-se de pólo positivo aquele por onde a corrente sai e de negativo aquele por onde a corrente entra (sentido **convencional** da corrente).

Figura 44 - Desenho esquemático da pilha de Volta.

Em nossa figura, o pólo positivo corresponde ao elétrodo de cobre e o negativo ao de zinco.

Visando a tornar mais prático o uso dos geradores químicos, Volta "empilhou" (daí o nome de pilha) elétrodos de cobre e zinco, em forma de discos, e entre eles colocou outros discos de feltro embebido na solução de ácido sulfúrico. Na figura 45, vemos os detalhes construtivos da pilha de Volta.

Figura 45 - Pilha de Volta.

a) Pilhas secas

Desde Volta até nossos tempos, as pilhas sofreram transformações que as tornaram mais cômodas e mais eficientes. Surgiu, então a pilha seca devida ao físico francês Leclanché. A pilha seca consiste de um receptáculo de zinco, que é o seu pólo negativo, tendo em seu interior um bastão de carvão (negro-de-fumo), que é o pólo positivo, rodeado por uma mistura de carvão em pó, cloreto de amônia, cloreto de zinco e bióxido de manganês. A corrente elétrica é produzida pela relação química entre o cloreto de amônia e o zinco. O bióxido do manganês é utilizado como despolarizante, isto é, ele evita que o hidrogênio que se desprende na relação anterior se deposite em volta do elétrodo de carvão e dificulte a passagem das cargas elétricas entre os elétrodos.

Na figura 46a, mostramos o esquema de uma pilha seca, dessas que se usam em eletrônica, principalmente em aparelhos portáteis. Na figura 46b, vemos a pilha real seccionada.

Figura 46 a - Esquema de uma pilha seca.
Figura 46 b - Pilha real seccionada.

Força eletromotriz das pilhas

A força eletromotriz que a pilha pode fornecer depende do material usado como elétrodo e como eletrólito. No caso das pilhas secas, que são as que nos interessam, por serem as mais utilizadas, a força eletromotriz é de cerca de 1,5 V (um volt e meio).

Atualmente, é comum três tamanhos de pilhas secas, no mercado, pequeno, médio e grande. O aluno deve ter em mente que em qualquer desses tamanhos a força eletromotriz é a mesma, isto é, cerca de 1,5 V, o que varia é sua capacidade de corrente, ou seja, a corrente que ela pode fornecer durante um determinado tempo, comumente a hora. Assim, a capacidade de corrente da pilha é indicada em ampères-hora.

A pilha do tipo grande tem maior capacidade que a do tipo médio ou pequeno. Isto quer dizer que ela pode fornecer a mesma corrente que a pilha média ou pequena, durante um tempo muito maior que essas duas, até esgotar-se (ou descarregar-se) vamos frisar bem este ponto com um exemplo: Suponhamos que uma pilha do tipo pequeno possa fornecer corrente de 0,5 A (meio ampére) seguidamente, durante 10 horas, e, após esse tempo, a pilha esteja

Figura 47 - Pilhas secas de carvão.

descarregada, ou seja, esgotada e, portanto, imprestável; se ligarmos no lugar da pilha pequena outra pilha do tipo grande, ela fornecerá os mesmos 0,5 A durante um tempo muito maior, digamos 30 horas. Isto acontece porque a capacidade de fornecer corrente é maior na pilha grande que na pequena. Esta capacidade é devida exclusivamente as dimensões dos elétrodos. Na figura 47, mostramos o aspecto físico dos quatro tamanhos de pilhas de uso mais generalizado, ou seja, as pilhas secas de carvão.

Quando adquirir uma pilha, o aluno deverá fazê-lo em casas cujo estoque seja constantemente renovado, porque as pilhas estocadas, mesmo sem uso perdem sua carga.

b) Acumuladores

As pilhas secas são chamadas de primárias ou irreversíveis, porque as reações químicas que se processam em seu interior, para a produção da eletricidade, não podem ser invertidas. Isto quer dizer que, uma vez "descarregada", ela está completamente inutilizada, isto é, não se recarrega, porque as reações químicas são irreversíveis.

Existe outro tipo de pilha, conhecida como pilha secundária ou reversível, cuja energia elétrica é possível restaurar, ou seja, pode ser recarregada e voltar a ser utilizada. O exemplo mais comum da pilha secundária é o conhecidíssimo acumulador, que é amplamente usado em sistema elétrico de automóveis, caminhões, etc.

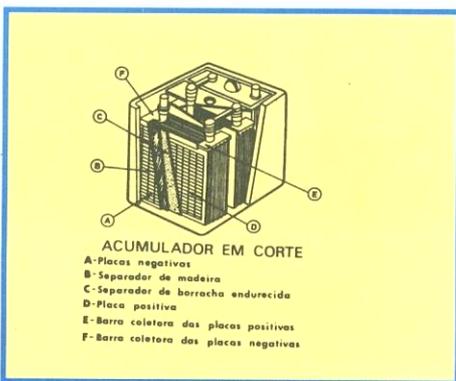



Figura 48 - Estrutura interna de um acumulador.

Na figura 48, mostramos a estrutura interna de um acumulador. Nele as placas são de chumbo e antimônio em forma de grades, com a finalidade de aumentar a superfície de contato com a solução de ácido sulfúrico posta em água. Uma das grades é cheia com uma pasta de peróxido de chumbo. Esta se constitui no elétrodo positivo. A outra é cheia com chumbo esponjoso e constitui-se no elétrodo negativo. Para isolar uma grade da outra é utilizada uma placa de madeira e outra de borracha enegrecida, que recebe em o nome de *separadores*.

A capacidade de corrente do acumulador depende da área das placas. Como o uso de uma só placa de grandes dimensões seria praticamente impróprio, costuma-se empregar diversas placas de menores dimensões e interligadas, como aparece na figura 48, ou seja, negativos com negativos e positivos com positivos. As barras que ligam entre si as placas de mesma polaridade são chamadas de barras coletoras.

O conjunto é condicionado em uma caixa adequada, geralmente de ebonite.

Capacidade do acumulador

Como se viu para as pilhas, a capacidade do acumulador consiste na carga elétrica total que ele é capaz de fornecer até descarregar-se. Essa capacidade é avaliada em ampères-hora.

Os acumuladores de chumbo que se utilizam nos automóveis têm capacidade de 60 a 80 ampères-hora. Isto quer dizer que o acumulador de 80 Ah (ampères-hora) pode fornecer 80 ampères durante uma hora ou 8 A durante 10 horas, ou 4 ampères durante 20 horas, e assim por diante.

Devemos observar que, embora a capacidade do acumulador de nosso exemplo seja de 80 Ah, na prática ele não forneceria 80 A durante uma hora, pois uma corrente tão elevada o descarregaria em poucos minutos. Entretanto, para corrente baixa, sua capacidade será confirmada, o que significa que ele forneceria, de fato, 1 ampère durante 80 horas, por exemplo.

Força eletromotriz do acumulador

Como afirmamos no início desta lição, o acumulador não é um gerador de energia elétrica no sentido que demos à palavra gerador, que é o de transformar um tipo qualquer de energia em elétrica. A função do acumulador é armazenar cargas elétricas, que lhe são comunicadas para serem descarregadas sobre um circuito externo, tais como lâmpadas, rádio, motor, etc.

Em virtude disso, o acumulador, quando pronto, deve ser "carregado", isto é, a ele devem ser fornecidas as cargas elétricas. Isto ocorre fazendo-se passar corrente contínua pelos seus elementos (conjunto de placas).

Quando o acumulador de chumbo está totalmente carregado, entre seus elementos existe uma força eletromotriz de cerca de 2,1 V (dois volts e um décimo).

Os acumuladores encontrados no comércio são, na realidade, associações em série de vários elementos. Assim, os acumuladores de 6 volts possuem 3 elementos ligados em série; os de 12 volts têm 6 elementos ligados em série; os de 24 volts têm 12 elementos, e assim por diante. As indicações de tensão em números inteiros, como 6, 12 e 24 volts, não correspondem a realidade, pois o acumulador de 6 V terá, de fato quando completamente carregado, 6,3 V (3 X 2,1=6,3).

O acumulador, para ter longa duração, deve ser usado obedecendo-se a certos cuidados, sendo os mais importantes os seguintes.

1º) Evitar que fique muito tempo descarregado.

2º) Recarregá-lo sempre com carga lenta, ou seja, fazendo-se passar por seus elementos uma corrente pequena, durante um tempo longo, e nunca o contrário, isto é, corrente elevada em tempo curto (carga rápida), porque isto danifica o acumulador

3º) Evitar que as placas fiquem secas, o que acontece quando o eletrólito se evapora. Neste caso, deve se adicionar água destilada até cobrir as placas.

4º) Não provocar descargas muito violentas

5º) Não inverter sua polaridade.

III - Associação de geradores

Afirmamos, linhas atrás, que uma pilha seca tem, quaisquer que sejam suas dimensões físicas, força eletromotriz de cerca de 1,5 volt. Mas, quase sempre, nas aplicações práticas, necessita-se de tensões maiores. Para consegui-las, basta "associar" várias pilhas de maneira conveniente, isto é, ligá-las entre si de maneira a obter o valor desejado de tensão, ou de corrente, se for o caso.

Existem três possibilidades de associação: em série, em paralelo e mista.

I - Associação em série

A associação em série, de geradores, consiste em ligar seus pólos de maneira que o positivo de um seja ligado ao negativo do outro, e assim por diante.

Na figura 49, ilustramos uma associação de 4 pilhas em série. Nesta figura, o aluno vê o esquema elétrico, onde, por convenção, o traço maior corresponde ao pólo positivo da pilha e o traço menor, ao negativo. Esta convenção atualmente é a mais utilizada e a que seguiremos; entretanto, o aluno não deve

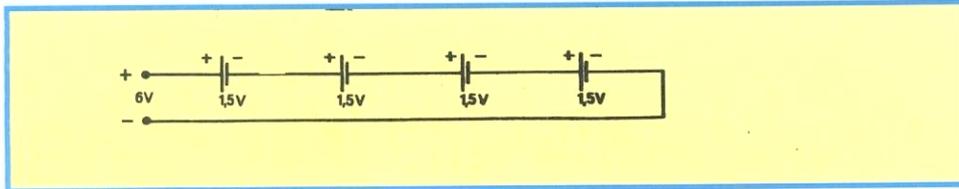



Figura 49 - Esquema de ligação em série.

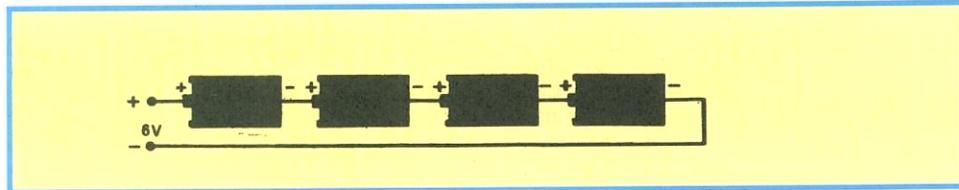



Figura 50 - Exemplo de ligação em série.

estranhar ao encontrar convenção contrária em outra publicação técnica. Na figura 50, apresentamos as ligações em seu aspecto real. Tal desenho é chamado de circuito chapeado.

As propriedades de associação em série são:

1ª) A força eletromotriz da associação é igual a soma das forças eletromotrizes de cada gerador.

Em nosso exemplo, cada pilha tem força eletromotriz de 1,5 V; logo, a associação será de: 1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5 = 6 volts.

2ª) A corrente máxima que a associação pode fornecer é iguais a de uma pilha só.

Uma associação em série, de pilhas, é chamada de "bateria de pilhas.

2 - Associação em paralelo

A associação é dita em paralelo quando os terminais de mesmo nome são ligados entre si, ou seja, unem-se todos os terminais positivos, que constituirão o pólo positivo da associação, e, todos os terminais negativos, que serão o pólo negativo da associação.

Na figura 51 e 52, ilustramos uma associação em paralelo de 4 pilhas. Na fig. 51, temos o esquema elétrico obedecendo a convenção adotada para representar uma pilha e, na figura 52, o desenho chapeado.

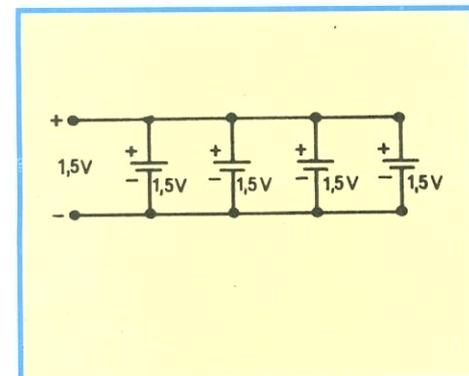



Figura 51 - Esquema de ligação em paralelo.

As propriedades da associação em paralelo são:

1ª) A forca eletromotriz da associação é, a mesma de qualquer uma das pilhas. Em nosso exemplo, ela é de 1,5 V.

2ª) A corrente máxima que a associação pode fornecer é igual a soma das correntes de cada uma das pilhas.

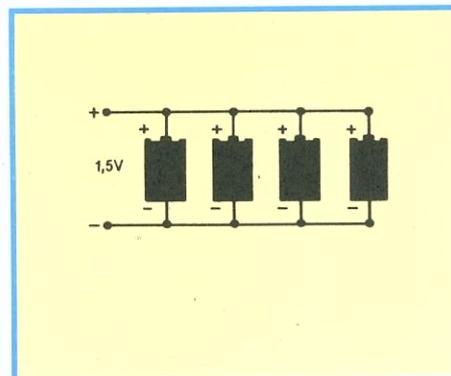



Figura 52 - Exemplo de ligação em paralelo.

3 - Associação mista ou em série-paralelo

Na figura 53, mostramos uma associação do tipo mista ou em série-paralelo. Como se nota, consiste essa associação em ligações do tipo em série e do tipo em paralelo já estudados. Vemos, então, duas associações (de duas pilhas em série), ou seja, pilha A em série com B, pilha C em série com pilha D, e finalmente essas duas associações ligadas em paralelo.

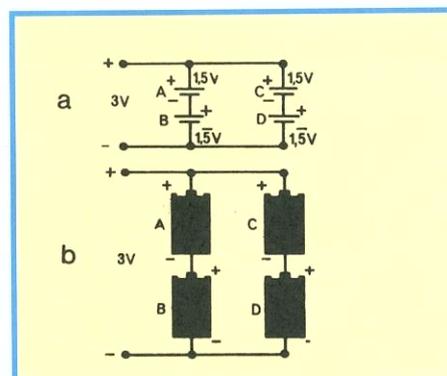



Figura 53 - Esquema e exemplo de ligação da associação mista.

A associação mista goza das propriedades da associação em série e em paralelo. Assim, no exemplo de nossa figura 53, temos que a força eletromotriz da associação é de 3 V (propriedade da associação em série) e a corrente que se pode retirar é igual a de duas pilhas (propriedade da associação em paralelo). Em resumo, essa associação tem a força eletromotriz de duas pilhas e a capacidade de corrente também, de duas pilhas.

Para finalizar lembramos ao aluno que as associações podem ser feitas em qualquer tipo de gerador e não somente com pilhas. Além disso, os geradores devem ser iguais, caso contrário alguns deles, podem retirar corrente, ao invés de fornecê-la.

Resumo

Para resumir este capítulo, podemos afirmar que a resistência elétrica de um corpo depende de três fatores, ou seja:

a) de suas dimensões, isto é, de sua secção reta e seu comprimento;

b) do material de que é construído o condutor - esta dependência é indicada pela resistividade do material;

c) da temperatura em que o corpo se encontra.

Finalmente, devemos esclarecer que a grandeza inversa da resistência recebe o nome de condutância. A unidade de medida da condutância é também o inverso do ohm, ou seja, o **mho** (ohm escrito de trás para diante) e seus múltiplos e submúltiplos. Ao mho também se atribui o nome de SIEMENS, representando-o pela letra S.

Vocabulário

Acionamento: Movimentação.
Convencional: Aquilo que se aceita como usual comum.
Dependência: Subordinação; sujeição.
Implica: Produz como conseqüência; envolve.
Inversão: Ato ou efeito de inverter, isto é, virar para o sentido oposto ao natural.
Leigo: Aquele que é estranho ou alheio a um assunto.
Lícito: O que é justo ou permitido.
Rotineiro: Habitual, costumeiro.
Simplista: Singelo, de fácil compreensão.
Sinônimo: Diz-se de palavra que tem quase a mesma significação.
Sucessão: Seqüência de fenômenos ou fatos, geralmente vinculados por uma relação causal.
Verbalmente: Oralmente, isto é, expresso de viva voz.

CURSO DE RÁDIO
1ª LIÇÃO ESPECIAL

S-3

FIOS 1ª PARTE

a) Generalidades

Um dos primeiros problemas que encontra-se na execução de uma instalação elétrica é o da escolha do condutor mais apropriado para essa instalação.

Nesta lição veremos, dos tipos disponíveis de condutores, os mais comumentes encontrados em dispositivos eletrônicos. Cada um desses tipos é individualizado por um conjunto de características, as quais podem ser, de imediato, separadas em dois grupos:

1º - Características do condutor propriamente dito.

2º - Características do isolamento do condutor.

Observação: No caso em que os condutores usados sejam desencapados ou nus, as suas características se reduzirão às do primeiro grupo. Nesse caso, então, o estudo do isolamento do condutor assume um aspecto um tanto diferente.O que realmente deve ser estudado são as características dos **isoladores** (geralmente de porcelana ou vidro), que sustentam esses condutores.

b) Características do condutor propriamente dito

Evidentemente, a mais importante dessas características é o material de que é feito o condutor. Em geral, emprega-se um metal ou liga metálica de baixa resistência.

Dos metais que melhor satisfazem essas condições, destacam-se o cobre e o alumínio (devido ao baixo custo de ambos), sendo o primeiro de uso muito mais generalizado que o segundo.

Em alguns casos, quando se quer produzir aquecimento, empregam-se condutores que apresentam resistência elevada, esses condutores são constituídos de ligas metálicas especiais (como níquel-cromo) ou metais poucos comuns (como o tungstênio, empregados nas lâmpadas de incandescência) ou ainda de carvão.

Nesta lição, iremos estudar apenas os condutores de cobre, que são os universalmente empregados na quase totalidade das instalações. Outra característica importante é a que se refere ao fato do condutor ser um fio sólido ou um cabo.

Chama-se de **fio sólido**, ou simplesmente **fio,** o condutor de secção circular (**figura 1**). Cabe aqui uma explicação do que vem a ser secção circular: imaginemos um fio condutor não encapado, isto é, nu. Quando referimonos a um fio, devemos considerá-lo de

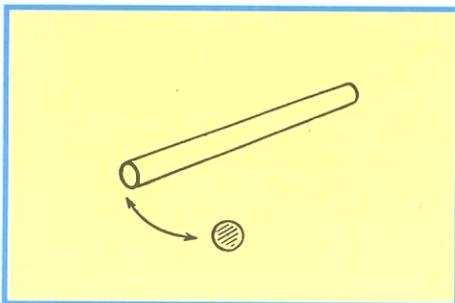



Figura 1 - Fio sólido.

formato circular, isto é, um condutor tal que, se for cortado ou serrado transversalmente, a parte cortada ou serrada terá a forma de um circulo, como se pode observar na figura 1. A área desta circunferência é a secção do condutor, também denominado "secção de cobre" (caso o condutor for de cobre) ou "secção de alumínio" (se for de alumínio).

O **cabo** é constituído por certa quantidade de fios torcidos, como indica a **figura 2**. Cada um dos fios componentes do mesmo é também chamado **perna** do cabo. A área da secção condutora do

Figura 2 - Cabo nu.

mesmo é igual a soma das áreas das secções dos fios que a compõem. Os cabos mais comumentes encontrados são constituídos de 7 e 9 fios. Cabos de mesmos diâmetros são, portanto, tanto mais flexíveis, quanto maior for o número de fios que os constituem.

Finalmente, um condutor elétrico é caracterizado pelas suas dimensões, ou seja, comprimento, diâmetro e, especialmente, a área da secção condutora.

Quanto ao comprimento, pouco se tem a salientar, pois os condutores geralmente são vendidos com o comprimento desejado pelo comprador. No caso de necessitar-se de um fio ou cabo de comprimento muito extenso, compra-se um número conveniente de rolos (os fios e cabos são vendidos com rolos de uma centena de metros) do condutor desejado, emendando-os de maneira a perfazer a extensão total requerida.

O diâmetro de um condutor é uma característica importante, porém encontra-se diretamente relacionada com a área da secção do condutor. Conclui-se que tanto o diâmetro como a área da secção são importantes características do condutor por se apresentarem interligados justamente em razão de terem aproximadamente as mesmas dimensões.

Conforme o exposto conclui-se que, dentre as dimensões de um fio ou cabo, a mais relevante consiste de sua secção, sobre a qual comentaremos a seguir.

c) Classificação dos condutores de acordo com a secção

No Brasil, a secção dos condutores se mede em "milímetros quadrados" conforme recentes normas de produção regulamentada da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Porém, ainda é muito comum o emprego, para designação de condutores, de uma escala internacional, denominada "American Wire Gaige", que abrevia-se AWG.

Os fabricantes, quer nacionais, quer estrangeiros, não costumam fabricar fios de todas as secções, ao contrário, a fabricação de fios obedecem a uma certa padronização, com secções determinadas. Desta maneira, por exemplo, encontra-se no comércio condutores cuja secção é de, por exemplo, de 1,5 mm^2 e também fios e cabos de secção de 2,5 mm^2. Entretanto, não se encontram os de secção intermediária a essas, por exemplo, de $2mm^2$; fios como esses de dimensões intermediárias podem ser fabricados sob encomenda sendo portanto, de custo muito elevado.

Em todas as instalações encontradas na prática, porém, é possivel o emprego de condutores de fabricação igual, os quais, conforme já citamos anteriormente, são designados pela área

de sua secção ou pelo emprego dos números indicativos constantes da escala AWG.

d) Tabelas de fios condutores conforme tabela AWG

Na tabela I, anexa a esta lição, apresentamos as principais características dos condutores usuais, conforme a escala AWG.

Na primeira coluna, da esquerda para a direita, estão indicados os números ou **bitolas,** como se diz em linguagem técnica, dos condutores, segundo a escala AWG.

Nas três colunas subseqüentes são mostrados os diâmetros, em milímetros do fio. A primeira destas três colunas indica o diâmetro nominal, ou seja, aquele que o fio deveria apresentar; porém, devido ao processo de fabricação, certas divergências entre as medidas indicadas e as realmente encontradas são aceitáveis. Nestas condições, o diâmetro **real** do condutor pode estar compreendido entre um determinado diâmetro **mínimo** e **máximo,** o qual também segue normas técnicas. Assim sendo, um fio de, por exemplo, bitola 20 AWG deveria apresentar um diâmetro de 0,813mm, porém, o seu diâmetro **real** pode estar compreendido entre 0,805mm e 0,821mm.

Alertamos que tais medidas,na verdade, não são realmente obrigatórias. Alguns fabricantes, seguindo normas técnicas e de segurança fabricam também fios de diâmetros um pouco maiores que os indicados para a tabela AWG; temos, portanto, os fios do tipo S (grau 1) e os do tipo R (grau 2), os quais podem sofrer, em suas medidas, um determinado acréscimo mínimo a fim de atingir-se um diâmetro máximo.

Desta maneira, o mesmo fio de bitola 20 AWG pode apresentar um diâmetro de, no máximo 0,861mm, se for do tipo S, ou uma circunferência de, no máximo, 0,892mm, caso for do tipo R.

e) Calibre de fios

A bitola dos condutores, antigamente, eram determinadas por meio de calibres especialmente construídos para esse fim.

A **figura 3** ilustra um desses calibres, atualmente em desuso; constituído por um disco, geralmente feito de material metálico, o qual apresentava uma série de encaixes numerados segundo a tabela AWG. O formato de cada encaixe é mostrado na **figura 4,** na qual nota-se que o mesmo apresenta um abertura estreita, que se alarga no fundo.

Para medir-se a bitola de um condutor, bastava colocá-lo no fundo mais largo do encaixe,tentando sua passagem através da parte mais estreita. A menor abertura através da qual fosse possível a passagem do fio indicava sua bitola.

Com o avanço tecnológico obtido nos métodos de fabricação de condutores, os mesmos tornaram-se mais confiáveis, o que fez com que tal tipo de calibre fosse abolido. Porém, quando se fizer necessário medir-se o diâmetro de um

Figura 3 - Calibre em forma de Disco.

determinado pedaço de fio, pode-se fazer uso de um calibre comum, tal qual o mostrado na **figura 5.**

É importante observar que a bitola ou o diâmetro de qualquer fio ou cabo refere-se unicamente ao condutor, sem nenhuma capa de material isolante; tenha o cuidado, portanto, de observar este detalhe, caso você for medir condutores, para não cometer o erro indicado na **figura 6.**

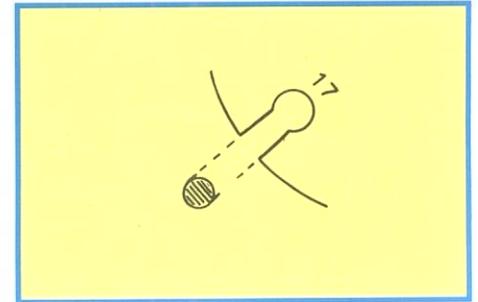



Figura 4 - Formato de encaixe.

Na próxima aula veremos mais alguns tópicos relativos aos condutores, além de ilustrar alguns dos tipos de uso corrente na área da eletrônica.

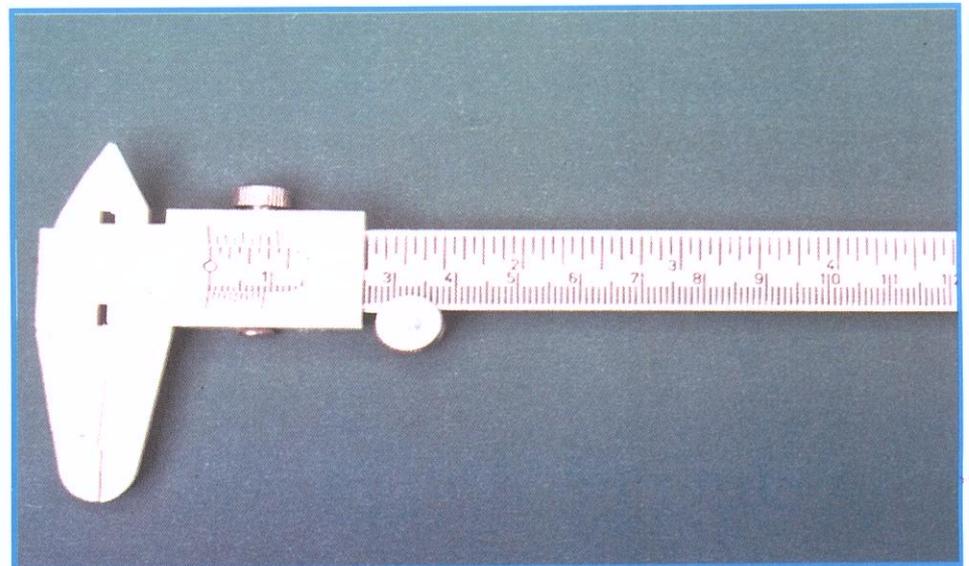



Figura 5 - Paquímetro.

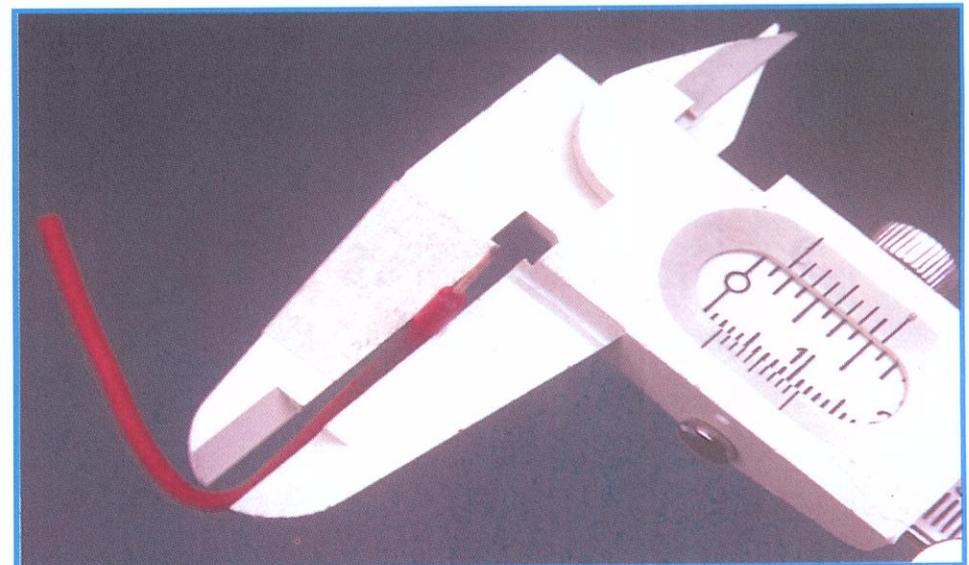



Figura 6 - Não se pode medir o fio com a capa de material isolante.

TABELA 1

ESCALA AWG

Diâmetros máximos e acréscimos mínimos dos fios esmaltados de seção circular, sem película cementável e resistência elétrica.

BITOLA AWG	DIÂMETRO DO FIO NU (mm)			TIPO S (Grau 1)		TIPO R (Grau 2)		RESISTÊNCIA ELÉTRICA Ω/km - 20° C	
	Nominal	Mínimo	Máximo	Acréscimo Mín. (mm)	Diâm. ext. Máx. (mm)	Acréscimo Mín. (mm)	Diâm. ext. Máx. (mm)	Mínima	Máxima
52	0,020	—	—	0,003	0,025	—	—	50,4896	59,2704
51	0,022	—	—	0,003	0,028	—	—	41,7270	48,9838
50	0,025	—	—	0,003	0,031	0,005	0,036	32,3133	37,9331
49	0,028	—	—	0,003	0,033	0,005	0,038	25,7600	30,2400
48	0,031	—	—	0,003	0,038	0,005	0,043	21,0155	24,6703
47	0,036	—	—	0,003	0,043	0,008	0,048	15,5832	18,2934
46	0,040	—	—	0,003	0,047	0,008	0,053	12,6224	14,8176
45	0,045	—	—	0,003	0,052	0,008	0,058	9,97326	11,7077
44	0,051	0,048	0,054	0,003	0,061	0,010	0,069	7,76464	9,11502
43	0,056	0,053	0,059	0,005	0,066	0,010	0,074	6,44000	7,56000
42	0,064	0,061	0,067	0,005	0,076	0,010	0,081	5,08839	5,97333
41	0,071	0,068	0,074	0,005	0,084	0,013	0,091	4,00876	4,74740
40	0,079	0,076	0,082	0,005	0,094	0,015	0,102	3,26472	3,80055
39	0,089	0,086	0,092	0,005	0,104	0,015	0,114	2,59357	2,96809
38	0,102	0,099	0,105	0,008	0,119	0,018	0,130	1,99111	2,23977
37	0,114	0,111	0,117	0,008	0,132	0,020	0,145	1,60362	1,78167
36	0,127	0,124	0,130	0,010	0,147	0,020	0,160	1,29893	1,42768
35	0,142	0,139	0,145	0,010	0,163	0,023	0,178	1,04409	1,13617
34	0,160	0,157	0,163	0,013	0,183	0,025	0,198	0,826226	0,890584
33	0,180	0,177	0,183	0,013	0,206	0,028	0,224	0,655499	0,700693
32	0,203	0,200	0,206	0,015	0,231	0,030	0,249	0,517297	0,548800
31	0,226	0,223	0,229	0,015	0,254	0,033	0,274	0,418604	0,441432
30	0,254	0,251	0,257	0,018	0,284	0,036	0,302	0,332359	0,348439
29	0,287	0,284	0,290	0,018	0,320	0,038	0,338	0,261022	0,272168
28	0,320	0,317	0,323	0,020	0,356	0,041	0,373	0,210411	0,218452
27	0,361	0,357	0,365	0,020	0,396	0,041	0,417	0,164774	0,172241
26	0,404	0,400	0,408	0,023	0,439	0,043	0,462	0,131872	0,137200
25	0,455	0,450	0,460	0,023	0,493	0,046	0,516	0,103743	0,108405
24	0,511	0,506	0,516	0,025	0,551	0,048	0,577	0,082447	0,085738
23	0,574	0,568	0,580	0,025	0,617	0,051	0,643	0,065256	0,068042
22	0,643	0,637	0,649	0,028	0,686	0,053	0,714	0,052118	0,054100
21	0,724	0,717	0,731	0,028	0,770	0,056	0,798	0,041081	0,042701
20	0,813	0,805	0,821	0,030	0,861	0,058	0,892	0,032568	0,033875
19	0,912	0,903	0,921	0,030	0,963	0,064	0,993	0,025879	0,026921
18	1,024	1,014	1,034	0,033	1,077	0,066	1,110		
17	1,151	1,139	1,163	0,036	1,207	0,071	1,240		
16	1,290	1,277	1,303	0,036	1,349	0,074	1,384		
15	1,450	1,435	1,465	0,038	1,509	0,076	1,547		
14	1,628	1,612	1,644	0,041	1,692	0,081	1,732		
13	1,829	1,811	1,847	—	—	0,071	1,923		
12	2,052	2,031	2,073	—	—	0,074	2,151		
11	2,304	2,281	2,327	—	—	0,076	2,408		
10	2,588	2,562	2,614	—	—	0,079	2,695		
9	2,906	2,877	2,935	—	—	0,081	3,020		
8	3,264	3,231	3,297	—	—	0,084	3,383		
7	3,665	3,628	3,702	—	—	0,086	3,787		
6	4,115	4,074	4,156	—	—	0,089	4,244		
5	4,620	4,574	4,666	—	—	0,091	4,755		
4	5,189	5,137	5,241	—	—	0,094	5,329		

Tabela cedida pela Fios e Cabos Pirelli.